



## 저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

도시계획학 석사학위 논문

대용량 GPS 통행자료를 이용한  
고속도로 연결도로 AADT 추정

AADT estimation of connection road section  
in highway using large-scale GPS trip data

2016년 2월

서울대학교 환경대학원

환경계획학과 교통학전공

윤 희 성

# 대용량 GPS 통행자료를 이용한 고속도로 연결도로 AADT 추정

지도교수 이 영 인

이 논문을 도시계획학 석사학위 논문으로 제출함  
2015년 10월

서울대학교 환경대학원  
환경계획학과 교통학전공  
윤 희 성

윤희성의 석사학위 논문을 인준함  
2015년 12월

위 원 장 \_\_\_\_\_ (인)

부위원장 \_\_\_\_\_ (인)

위 원 \_\_\_\_\_ (인)

## 국문초록

우리나라의 인간·화물 수송의 많은 부분은 도로를 통해 이루어지고 있다. 도로를 통한 수송이 많은 만큼 적절한 교통정책 및 도로운영관리를 통해 교통에 지장이 없도록 할 필요가 있으며, 따라서 그에 기초가 되는 교통량 자료의 구축이 필요하다. 교통량은 도로계획 및 설계, 도로 운영 등에 활용되며, 연평균 일교통량(AADT)를 기준으로 노선계획 및 설계, 도로의 확장이 이루어진다. 현재 고속도로에서는 교통량 자료의 구축을 위해 본선 구간에 대한 조사가 이루어지고 있다. 한편 고속도로 연결도로 구간은 교통류 흐름이 합/분류하는 상충구간으로 사고발생의 위험이 높아 교통량 자료에 기초한 적절한 계획 및 설계, 운영관리 등이 필요하다. 그러나 현재 고속도로 연결도로 구간의 교통량 조사는 이루어지지 않고 있다.

따라서 본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료 중 하나인 차량용 내비게이션 자료와 한국도로공사 TCS 자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 교통량(AADT)를 추정하는 방법론을 개발하였다. 차량용 내비게이션 자료는 해당 도로의 실제 시간대별 교통량 분포와 유사한 특성을 보이기 때문에 AADT를 추정하는 데 활용할 수 있다.

본 연구에서 개발한 방법론을 적용하여 일부 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정한 결과, 관측 AADT와 큰 오차 없이 추정이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한 교통량의 규모가 큰 구간일수록 오차율이 낮게 나타났다. 따라서 본 연구에서는 향후 별도의 인력식 조사를 거치지 않고 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정할 수 있는 가능성을 제시하였다.

◆ 주요어 : 고속도로, 연결도로, AADT, 대용량 GPS 통행자료, OD  
balancing

◆ 학 번 : 2014-24020



# 목 차

I. 서론 .....	1
1. 연구의 배경 및 목적 .....	1
2. 연구의 범위 .....	2
3. 연구의 방법 및 절차 .....	3
II. 교통량 조사 현황 및 선행연구 고찰 .....	7
1. 교통량 조사 현황 .....	7
2. 선행연구 고찰 .....	9
1) AADT 추정 관련 연구 .....	9
2) GPS 통행자료 관련 연구 .....	11
3. 시사점 및 연구의 차별성 .....	12
III. 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론 개발 .....	16
1. 회전교통량의 정의 .....	16
2. 대용량 GPS 통행자료의 정의 .....	17
3. 대용량 GPS 통행자료의 신뢰도 검토 .....	18
4. 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론 개발 .....	21
1) 네트워크 설정 .....	22
2) 분석지점 진/출입 링크 AADT 데이터 구축 .....	23
3) 진/출입 링크 회전방향별 Probe 교통비율 데이터 구축 .....	24
4) 구축 데이터 검수 및 보정 .....	25
5) 회전교통비율 추정 및 1차 OD balancing .....	22

6) 입력자료 보정 및 OD balancing 재수행 .....	29
<b>IV. 분석자료의 구축 .....</b>	<b>35</b>
1. 분석구간 및 분석기간 설정 .....	35
2. Probe 회전비율 자료의 구축 .....	40
3. 검증 자료의 구축 .....	41
<b>V. 방법론의 적용 및 평가 .....</b>	<b>44</b>
1. 평가지표 설정 .....	44
2. 평가 결과 .....	45
<b>VI. 결론 .....</b>	<b>55</b>
1. 연구의 요약 및 활용 가능성 .....	55
2. 연구의 한계 및 향후과제 .....	58
<b>참고문헌 .....</b>	<b>59</b>
<b>Abstract .....</b>	<b>63</b>



## 표 목 차

[표 2-1] 도로교통량 조사 현황 .....	8
[표 3-1] 대용량 GPS 통행자료 신뢰도 평가 분석지점 설정 .....	19
[표 4-1] 분석구간 설정 .....	37
[표 5-1] TCS기반 차량 회전비율 산정결과(장안IC) .....	47
[표 5-2] Probe기반 차량 회전비율 추정결과(장안IC) .....	47
[표 5-3] TCS기반 차량 회전비율 산정결과(북강릉IC) .....	48
[표 5-4] Probe기반 차량 회전비율 추정결과(북강릉IC) .....	48
[표 5-5] TCS기반 차량 회전비율 산정결과(보성IC) .....	50
[표 5-6] Probe기반 차량 회전비율 추정결과(보성IC) .....	50
[표 5-7] 분석지점별 회전교통량 오차율 .....	52

## 그 립 목 차

[그림 1-1] 연구흐름도 .....	4
[그림 2-1] 도로교통량 조사 지점 예시 .....	8
[그림 3-1] 교차점 회전교통 예시 .....	17
[그림 3-2] 자동차 내비게이션 자료 이용 교통량정보 수집 개념 .....	18
[그림 3-3] 관측교통량(TCS 교통량)과 Probe 교통량 상관관계 .....	21

[그림 3-4] 방법론 개발 과정 .....	22
[그림 3-5] 분석지점 네트워크 설정 .....	23
[그림 3-6] 진/출입 링크 AADT 구축 .....	24
[그림 3-7] 진/출입링크 회전방향별 Probe교통량 비율 데이터 구축 ..	25
[그림 3-8] 구축 데이터 오류사항 예시 .....	26
[그림 3-9] 교통량 추정 범위 중복시 입력자료 보정 .....	31
[그림 3-10] OD balancing 수행과정 .....	31
[그림 4-1] One-way 및 Two-way trip의 개념 .....	36
[그림 4-2] 분석구간 설정 .....	38
[그림 4-3] 분석구간 설정 .....	39
[그림 4-4] Probe 회전비율 자료 구축 .....	40
[그림 4-5] 검증 자료 구축 .....	41
[그림 5-1] 회전교통량 추정 존 설정(장안IC) .....	46
[그림 5-2] 회전교통량 추정 존 설정(북강릉IC) .....	48
[그림 5-3] 회전교통량 추정 존 설정(보성IC) .....	49
[그림 5-4] Probe기반 회전교통량과 TCS기반 회전교통량 상관관계 ....	51
[그림 6-1] 본선 기준 VKT 산정시 오류사항 .....	57



# I. 서론

## 1. 연구의 배경 및 목적

우리나라의 인간·화물 수송의 많은 부분은 도로를 통해 이루어지고 있다. 2014년 국토교통 통계연보의 내용에 따르면, 2013년 총 인원·화물의 수송 중 각각 87.6%, 82.0%가 공로를 이용하여 이루어졌다.<sup>1)</sup> 이처럼 도로를 통한 수송이 전체의 많은 부분을 차지하고 있는 만큼, 적절한 교통정책 및 도로운영관리를 통해 교통에 지장이 없도록 할 필요가 있다. 그리고 이러한 교통정책 및 도로운영관리를 위해서는 그에 기초가 되는 자료인 교통량이 필요하다.

교통량은 도로의 한 지점, 또는 단면을 단위 시간동안 통과하는 차량의 수를 말하며, 조사된 교통량은 도로의 계획 및 설계, 도로운영 등에 폭넓게 이용되고 있다. 연평균 일교통량(AADT, Annual Average Daily Traffic)은 노선계획, 도로의 확장, 사고분석, 도로포장 및 차선도색 등의 기초자료로 이용되고 있으며, AADT를 기준으로 계획 및 도로설계가 이루어진다.

현재 고속도로에서는 상시조사 및 수시조사의 형태로 고속도로의 일부 지점을 대상으로 교통량 조사를 수행하고 있다. 그러나 교통량 조사가 이루어지는 지점은 전부 본선 구간이며, 고속도로 연결도로 구간의 조사는 현재 이루어지지 않고 있다. 고속도로 연결도로 구간은 서로 다른 두 교통류 흐름이 합류 또는 분류하는 상충구간이기 때문에 본선에 비해 사고발생의 위험이 매우 높다. 때문에 적절한 계

---

1) 2014 국토교통 통계연보, 국토교통부.

획, 설계 등이 필요한 지역이 고속도로 연결도로 구간이라고 할 수 있으나, 현재 기초자료라고 할 수 있는 교통량 자료가 수집되고 있지 못한 실정이다.

한편, 오늘날 스마트폰 및 차량용 내비게이션 등 개인용 GPS 기기의 광대한 보급으로 인해 교통분야에서 사용 가능한 정보가 막대하게 증가하였다. 이와 같은 GPS 통행자료는 개인의 통행경로 및 속도 등의 정보를 파악할 수 있어 기존에는 수행하기 어려웠던 연구를 가능하게 하고 있다.<sup>2)</sup>

따라서, 본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료의 하나인 차량용 내비게이션 자료 및 한국도로공사의 교통량 자료의 하나인 TCS 자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 교통량(AADT)을 추정하는 방법론을 개발하고자 한다. 그리고 실제 교통량 자료와 방법론을 통해 추정된 교통량 자료의 비교를 통해 개발된 방법론의 적용 가능성을 검토하는 것을 본 연구의 목적으로 한다.

## 2. 연구의 범위

본 연구의 목표는 대용량 GPS 통행자료 중의 하나인 차량용 내비게이션 자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 교통량을 추정하는 방법론을 개발하는 것으로, 연구의 범위는 아래와 같다.

본 연구에서 교통량 추정 방법론을 개발하는 공간적 범위는 고속도로의 연결도로 구간으로 한정한다. 고속도로 IC/JC의 연결도로 및 합/분류부 사이의 본선구간을 본 연구의 대상범위로 한다.

---

2) J.W, Jun(2012), "Potential Crash Exposure Measures Based on GPS-Observed Driving Behavior Activity Metrics"

다음으로, 본 연구의 방법론 개발을 위해 사용하는 자료는 한국 도로공사 TCS자료 및 개별 probe 차량의 연결도로 구간 회전비율이다. 위의 자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 교통량을 추정하고, TCS 자료로부터 추정한 연결도로 교통량과 개별 probe 차량의 회전비율을 이용하여 추정한 교통량을 서로 비교하여 방법론의 적용 가능성을 검토한다.

### 3. 연구의 방법 및 절차

본 연구는 관련 이론 및 선행연구 고찰, 대용량 GPS 통행자료 기반 고속도로 연결도로 교통량 추정 방법론 개발, 개발된 방법론의 적용 및 평가, 결론 및 향후연구과제의 순서로 진행되며, 그 절차는 다음과 같다.

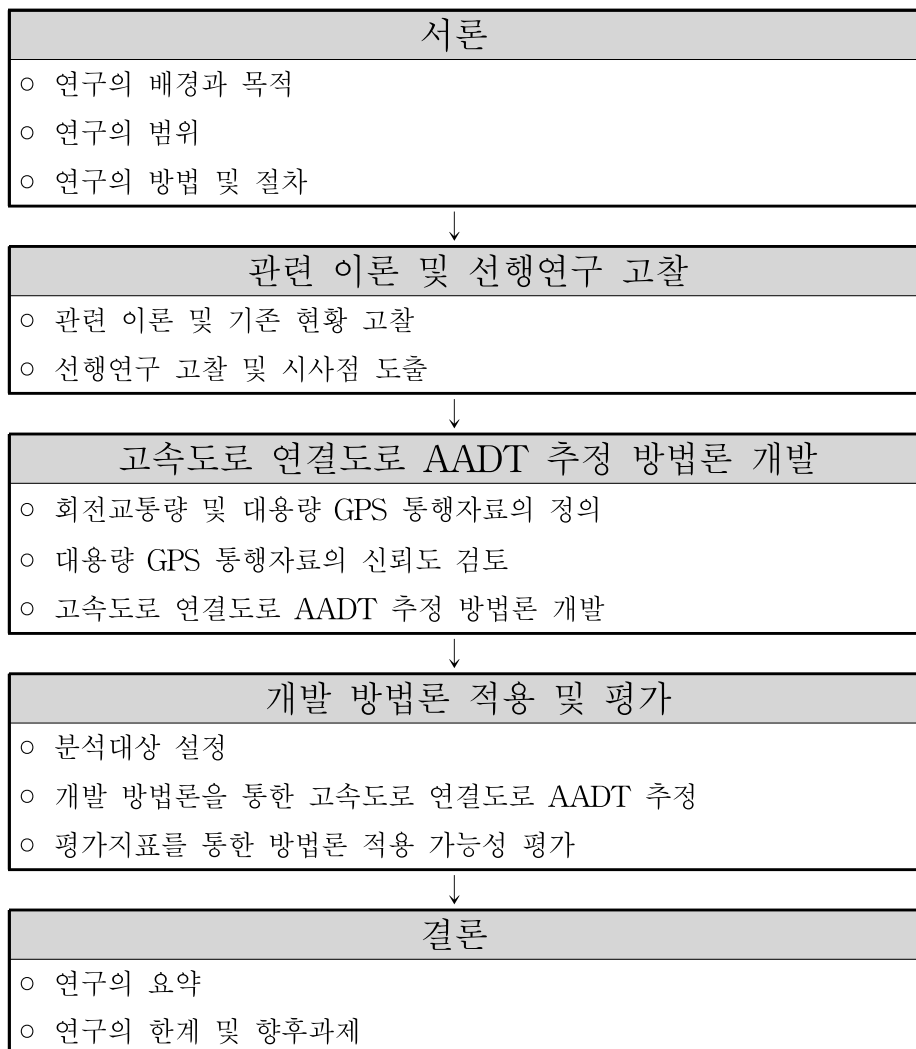
2장에서는 관련 이론 및 기존에 이루어졌던 교통량 추정 관련 연구에 관한 고찰을 수행한다. 선행연구의 한계 및 이로 인한 시사점을 도출한 후, 본 연구의 방법론이 선행연구와 가지는 차별성을 도출한다.

3장에서는 대용량 GPS 통행자료 기반 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론을 개발한다. 먼저 회전교통량을 정의하고, 방법론 구축을 위한 네트워크를 설정한다. 그리고 개별 probe 차량 자료를 이용하여 고속도로 연결도로구간 회전비를 구한 후 교통량을 추정하는 과정을 거친다.

4장에서는 개발된 방법론을 대상구간에 적용함으로써 방법론의 실제 적용 가능성을 검토한다. 사례분석에서는 실제 교통량을 이용하여 추정된 교통량과 개별 probe 차량 자료를 이용하여 추정된 교통

량을 비교하여, 그 오차율을 설정한 평가지표(MAPE, MAE 등)를 통해 도출하여 방법론의 적용 가능성을 평가한다.

마지막으로 5장에서는 연구의 결론과 본 연구에서 개발한 방법론의 한계, 그리고 향후과제를 제시한다.



<그림 1-1> 연구흐름도





## II. 교통량 조사 현황 및 선행연구 고찰

### 1. 교통량 조사 현황

현재 우리나라에서 이루어지고 있는 교통량조사 현황에 대하여 고찰했으며, 국토교통부의 도로교통량 조사지침으로부터 우리나라에서는 현재 고속국도, 일반국도, 지방도를 대상으로 상시 및 수시조사의 형식으로 교통량 조사가 이루어지고 있다.

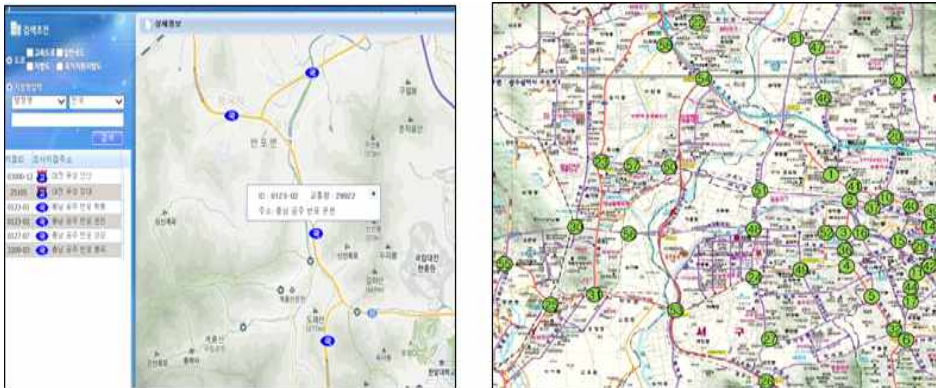
먼저, 상시조사는 특정 지점에 자동 차종분류 조사 장비(AVC)를 설치하여 1년 365일 24시간 연속으로 통과 차량의 차종별, 방향별, 시간대별로 측정하고 기록하는 것을 의미한다.

다음으로, 수시조사는 기본 교통량 자료가 필요하다고 판단되는 모든 구간에 대하여 광범위하게 실시하는 조사로, 전체적인 도로 이용 상황을 파악하기 위하여 수행한다. 현재 수시조사는 매년 10월 셋째주 목요일(07:00~익일 07:00)에 차종별, 방향별, 시간대별로 이루어지고 있으며, 조사지점에 조사원을 배치하여 인력식 조사의 형태로 수행되고 있다.<sup>3)</sup>

현재 서울특별시 및 6대 광역시(울산/대전/광주/인천/대구/부산)에서는 매년 주요 교차로 및 가로를 대상으로 하여 인력식 조사를 통해 도로교통량 조사를 실시하고 있다.

---

3) 도로교통량 조사지침, 국토해양부.



<그림 2-1> 도로교통량 조사 지점 예시

<표 2-1> 도로교통량 조사 현황

구분		조사범위	조사지점 (상행+하행)	차종 개수
건설기술 연구원	상시교통량	전국	1,504	12종
	수시교통량	전국	5,018	12종
한국 도로공사	영업소교통 량	고속국도	695	6종
한국교통 연구원	스크린/코든 교통량	전국	1,205	6종
서울시/ 6대광역시	서울시	도시부 도로	177	차종구분 없음
	울산		853	4종
	대전		363	4종
	광주		439	7종
	인천		608	7종
	대구		334	3종
	부산		407	7종

## 2. 선행연구 고찰

### 1) AADT 추정 관련 연구

도로의 AADT 추정에 관한 연구는 주로 본선구간을 대상으로 한 연구가 이루어지고 있다.

먼저, Zhong et al.(2004)의 경우 회귀모형과 유전자알고리즘, ARIMA 모형을 이용하여 기계조사장비의 오류 등으로 인한 결측 교통량을 추정하는 연구를 진행하였다. 유전자 알고리즘과 회귀모형을 혼합하여 개발한 모형(RG모형)과 SARIMA(Seasonal Autoregressive Integrated Moving Average), 신경망 모형이 결합된 모형을 개발하였으며, AADT의 추정결과 대부분의 경우에 대하여 평균오차 3% 이내에서 누락시간대의 교통량 자료를 추정해냈다.

다음으로, 수시조사 자료를 이용한 AADT 추정에 관한 연구가 이루어졌다(Gastaldi, 2013; Sharma, 2001; Flaherty, 1993; Li, 2008; etc). 수시조사는 매년 하루~일주일 이내의 기간 동안 조사가 이루어지기 때문에 직접적인 AADT 추정은 불가능하며, 인접한 지역의 상시조사 교통량 자료를 이용하여 간접적으로 AADT의 추정이 이루어진다. 이때, 각 수시조사 지점과 유사한 특성을 지닌 상시조사 지점의 군집을 구축하여 해당 상시조사 군집의 변동계수를 산출하며, 이를 수시조사 지점에 적용하여 수시조사 자료로부터 AADT를 추정한다.

$$\text{월변동계수}(M_i) = \frac{i\text{월의 평균 일교통량}(ADT_i)}{\text{연 평균 일교통량}(AADT)}$$

$$\text{요일변동계수}(W_{i,j}) = \frac{i\text{월 } j\text{요일의 평균 일교통량}(ADT_{i,j})}{i\text{월의 평균 일교통량}(ADT_i)}$$

$$\widehat{AADT} = Vol \times \frac{1}{M_i} \times \frac{1}{W_{i,j}} = \frac{Vol}{M_i \times W_{i,j}}$$

여기서,  $i = 1, 2, \dots, 12$ ,  $j = 1, 2, \dots, 7$

$Vol$  = 수시조사 지점에서 조사된 24시간 교통량(대/일)

$M_i$  = 해당 상시조사 군집에서  $i$ 월의 월 변동계수

$W_{i,j}$  = 해당 상시조사 군집에서  $i$ 월의  $j$ 요일 일 변동계수

수시조사 자료를 이용한 AADT 추정에 관한 연구는 주로 상시 조사지점의 그룹핑 기법 관련 연구가 많이 진행되었으며, 군집분석 및 k-means 군집분석, 신경망 모형, KNN(k-nearest neighborhood) 등의 방법론을 이용하였다.

마지막으로, 상시조사 및 수시조사지점의 AADT 추정 방법론을 적용할 수 없는 미조사지점의 AADT 추정에 관한 연구는 교통량 자료의 공간적인 관계에서의 유사점(교통량 자료의 공간상관성)이라는 특성을 이용한 공간통계모형을 적용한 연구들이 주로 이루어졌다. 주로 Kriging기법, 공간회귀모형 등의 방법론을 통한 연구가 이루어졌다(하정아, 2014; Selby, 2013; Shamo, 2014; etc).

## 2) GPS 통행자료 관련 연구

GPS 통행자료를 이용한 연구는 주로 링크 통행시간이나 통행속도 등 도로 통행패턴 분석에 관한 연구가 주로 이루어지고 있다.

먼저, Rana et al.(2002)은 GPS Probe 데이터를 이용하여 도로 본선 구간의 교통량 및 통행속도를 추정하는 연구를 진행하였다. 이 연구에서는 Probe 데이터를 통한 Network 통행 패턴 설명이 가능함을 보여줬으며, 도로의 교통량을 추정하는데 있어 Probe 데이터의 이용 가능성을 제시했다.

다음으로, 정연식 외(1999)는 GPS probe와 루프 검지기 자료를 융합하여 통행시간을 추정하기 위해 데이터 퓨전 알고리즘을 개발하는 연구를 진행하였다. 데이터 퓨전 알고리즘은 다양한 교통정보 중 가장 유용한 정보를 수집하는 방법으로, 알고리즘의 개발을 위해 사용한 기법은 voting technique, 퍼지회귀, Bayesian pooling 기법이였다. 알고리즘을 이용하여 추정한 통행시간과 모든 교통정보의 통행시간을 산술평균한 통행시간을 비교한 결과 알고리즘을 이용하여 추정한 통행시간이 더 우수한 것으로 나타났다. 또한 심상우 외(2006) 등에 의하여 GPS Probe 데이터를 이용한 링크통행시간 추정 관련 연구가 진행되었다.

GPS 통행자료가 이용되고 있는 현황으로는, 미국의 실시간 교통정보 회사인 INRIX<sup>4)</sup>의 예를 들 수 있다. INRIX는 자사의 Application을 사용하는 고객의 GPS 통행자료, Historical 교통자료, Fleet 자료 등을 수집한 뒤, 이를 가공하여 이용자들에게 실시간 교통상황 정보 또는 사고정보 등을 제공한다.

---

4) INRIX, <http://inrix.com/inrix-traffic-app/>

### 3) OD balancing 관련 이론

본 연구의 방법론에서 유/출입 교통량을 일치화시키기 위해 사용되는 OD balancing에는 통행분포모형 중 하나인 Fratar model을 적용한다. 통행분포모형에는 중력모형, 성장인자모형, 간섭기회모형 등이 존재한다.

먼저, 성장인자모형은 통행분포모형의 가장 단순한 형태로 존별 통행유출량 또는 유입량의 성장률을 추정한 뒤, 이를 단순히 기준연도 존간 교차통행량에 곱하여 목표연도의 존간 교차통행량을 추정하는 방법이다. 성장인자모형에는 평균성장인자모형과 균일성장인자모형이 존재하는데, 이 모형은 유출입 제약조건의 설정이 불가능하다. 때문에 도로 기하구조로 인해 존간 통행이 제약되는 조건을 만족하기 어렵다. 따라서 본 연구에서 사용하기에는 어려운 측면이 있다.

다음으로, 중력모형은 통행유출량과 통행유입량 그리고 통행비용을 통해 통행분포를 추정하는 기법으로, 단순한 지역의 성장에 의해 적용되는 성장인자모형에 비해 보다 합리적이라고 볼 수 있다. 중력모형은 존 간 거리가 멀수록 통행량이 감소한다는 가정을 가지고 있다. 그러나 이는 본 연구에서 설정하는 기본가정과 맞지 않는 측면이 있다.

## 3. 시사점 및 연구의 차별성

우리나라에서 수행되고 있는 도로교통량 조사 현황으로부터, 현재 도시부에서 이루어지고 있는 일부 인력식 교통량조사를 제외한 지점의 회전교통량은 파악할 수 없으며, 또한 인력식 교통량조사는

대규모의 조사원이 필요하기 때문에 금전적 비용이 많이 소모된다.

그리고 도로의 교통량 추정에 관련한 선행연구를 고찰한 결과, AADT 추정 관련 연구는 주로 도로의 본선구간을 대상으로 하여 진행되고 있으며 교차지점의 연결도로 교통량 추정에 관한 연구는 미진한 상태인 것을 알 수 있었다.

고속도로 연결도로 구간은 서로 다른 두 교통류 흐름이 합류 또는 분류하는 상충구간이기 때문에 본선에 비해 사고발생의 위험이 매우 높다. 때문에 기초자료인 교통량 자료를 바탕으로 적절한 계획, 설계 및 운영관리 등이 필요한 것으로 판단된다. 따라서, 본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정하도록 한다.

본 연구에서는 이력자료인 TCS 교통량 자료와 대용량 GPS 통행자료인 자동차 내비게이션 자료의 고속도로 연결도로 구간 회전비율을 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정한다. 이는 현재 수집되지 않고 있는 연결도로 AADT의 추정을 통해 해당 구간의 적절한 계획, 설계, 운영관리를 위한 기초자료로 사용할 수 있는 가능성을 제시함에 있어 기존에 이루어졌던 연구와의 차별성을 가진다.





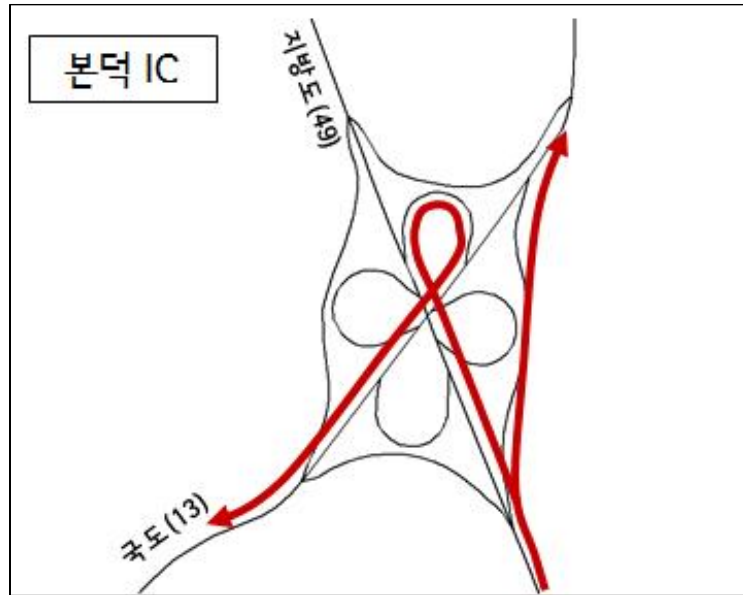
### III. 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론 개발

#### 1. 회전교통량의 정의

고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론을 개발하기에 앞서, 본 연구에서 정의하는 회전교통량이 무엇인지 정의하고자 한다. 본 연구에서 정의하는 회전교통량은 2개 이상의 도로가 만나는 교차점에서 기존 진행방향에서 벗어나 다른 방향으로의 도로로 진입하는 교통량을 의미한다.

<그림 2>의 예시로부터, 49번 지방도로부터 북쪽으로 진행하는 차량이 본덕 IC에서 세 갈래의 갈림길에서 진행방향을 결정해야 한다. 이때 49번 지방도를 통해 북쪽으로 진행하던 차량이 진행방향을 바꾸기 위해서는 연결도로를 거친 뒤 13번 국도를 통해 서쪽 또는 동쪽으로 진행하게 되는데, 이러한 경우의 교통량을 회전교통량이라고 한다. 즉, 고속도로의 경우 IC 또는 JC를 통해 진행방향을 바꾸는 교통량을 회전교통량이라고 할 수 있다.

이외에, 도시부를 대상으로 하여 회전교통량을 추정하는 경우에 정의하는 회전교통량은 교차로를 통과하는 차량을 대상으로 한다. 즉, 교차로를 통하여 진행방향을 교통량을 회전교통량으로 설정할 수 있다. 본 연구에서는 고속도로 연결도로의 회전교통량만을 대상으로 하여 연구를 진행한다.



<그림 3-1> 교차점 회전교통 예시

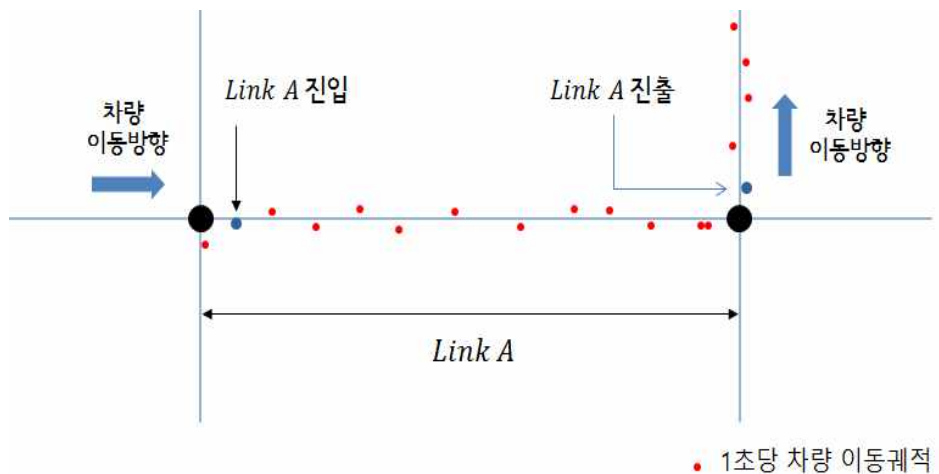
## 2. 대용량 GPS 통행자료의 정의

GPS(Global Positioning System)는 GPS 위성에서 보내는 신호를 수신하여 사용자의 현재 위치를 계산하는 위성항법시스템으로 항공기, 선박, 자동차 등의 내비게이션 장치에 주로 쓰이고 있다. 현재 국내에서 이용되고 있는 대용량 GPS 자료에는 스마트폰, 내비게이션 등 다양한 자료가 포함된다. 그 중 본 연구에서 이용하는 자료는 자동차 내비게이션 자료(개별 Probe 차량 자료)이다.

자동차 내비게이션 자료는 개별 차량의 내비게이션 단말기에서 수집되는 차량의 이동궤적 정보로, 시계열자료의 한 종류로 볼 수 있다. 자동차 내비게이션 자료에 포함되는 정보는 차량 ID, 주행일시 및 시간, GPS 좌표가 있다. 개별 Probe 차량에서 매시간 생성되는

이동궤적을 도로 네트워크 GIS 맵에 맵매칭을 할 경우 차량의 이동 방향, 그리고 이러한 각각의 이동궤적 정보를 취합하여 해당 링크별 Probe 교통량 등의 정보수집이 가능하다.

또한 Rana et al(2002) 등의 연구로부터, Probe 자료는 해당 도로의 실제 시간대별 교통량 분포와 유사한 특성을 보인다. 따라서, 본 연구에서 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정하는 데 활용 가능성이 있는 것으로 판단된다.



<그림 3-2> 자동차 내비게이션 자료 이용 교통량 정보 수집 개념

### 3. 대용량 GPS 통행자료의 신뢰도 검토

본 연구에서 사용하는 대용량 GPS 통행자료인 자동차 내비게이션 자료는 분석 대상 도로를 통과하는 차량 전체에 대한 정보가 아닌, 내비게이션을 설치한 일부 차량의 통행정보에 해당하기 때문에

일종의 표본 자료로 볼 수 있다. 때문에 이러한 표본 자료를 이용한 분석을 위해서는 표본이 모집단을 대표할 수 있어야 한다. 즉, 내비게이션으로부터 수집한 GPS 통행자료가 실제 대상 도로의 교통상황과 유사한지에 대한 신뢰도 검토가 선행되어야 한다고 볼 수 있다.

따라서, 본 연구에서 사용하는 내비게이션 자료에 대한 신뢰도 검토를 위해 자료의 신뢰성이 높은 한국도로공사 TCS 교통량 자료를 이용하였다. 내비게이션 자료의 신뢰도를 평가하기 위해서는 내비게이션 자료를 이용하여 수집한 Probe 교통량과 TCS 교통량 자료의 유사성을 통계적으로 검증하는 방법을 사용하였다.

분석을 위한 대상지역은 교통량 수준과 표본율에 따른 분석을 하기 위해서 교통량이 많은 수도권 지역과 상대적으로 교통량이 적은 지역을 구분하여 선정하였다. 분석을 위한 대상지역으로 선정된 곳 중 교통량이 많은 지역은 수도권 지역의 서울, 동서울, 서서울, 군자, 남양주 톨게이트이며 교통량이 적은 지역은 하조대, 옥계, 장흥, 온양, 문수 톨게이트이다.

<표 3-1> 대용량 GPS 통행자료 신뢰도 평가 분석지점 설정

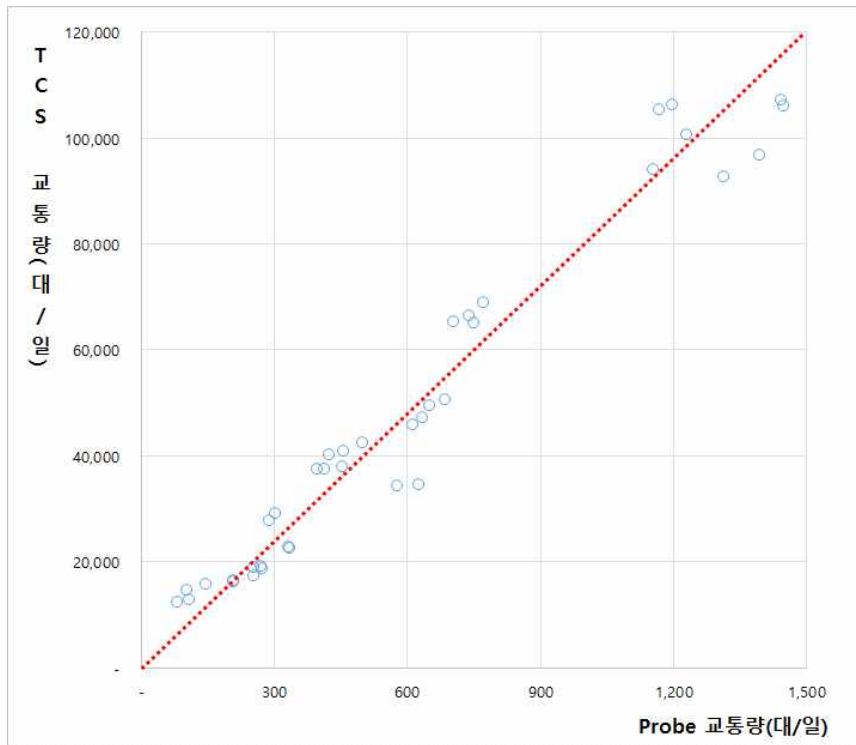
구분	대상지역
교통량 多	서울 TG, 동서울 TG, 서서울 TG, 군자 TG, 남양주 TG
교통량 小	하조대 TG, 옥계 TG, 장흥 TG, 온양 TG, 문수 TG

<표 3-1>에서 선정한 분석지점을 대상으로 하여 고속도로 톨게이트 연평균 유/출입 교통량과 내비게이션으로부터 수집한 연평균

Probe 유/출입 건수의 비교를 실시하였다. 해당 지점의 관측교통량(TCS 교통량)과 Probe 교통량의 상관관계를 분석함으로써 대용량 GPS 통행자료의 신뢰도 평가를 수행하였다. 그리고 그 분석과정을 정리하면 아래와 같다.

- ① 분석대상 톨게이트의 TCS 교통량을 집계한 후 1일 평균 유/출입 교통량(AADT) 자료를 구축함
- ② 분석대상 톨게이트를 통과하는 Probe 교통량을 집계한 후 1일 평균 유/출입 Probe 교통량(AADP) 자료를 구축함
- ③ 위에서 구축한 분석대상 링크의 TCS 교통량 기반 AADT와 Probe 교통량 AADT의 상관관계를 분석함

TCS 교통량 기반 AADT와 Probe 교통량 AADT의 상관관계를 분석한 결과를 <그림 4>에 제시하였다. 관측교통량과 Probe 교통량의 상관관계를 분석한 결과 상관계수는 약 0.98로 도출되었으며, 수도권 지역과 수도권 이외 지역을 따로 분석했을 때도 각각 상관계수가 0.97과 0.92로 도출되었다. 이는 곧 관측교통량과 Probe 교통량의 상관성이 매우 높다는 것을 보여준다. 따라서, 내비게이션 자료는 실제 교통상황을 보여주는 데 적합한 자료라고 할 수 있다.

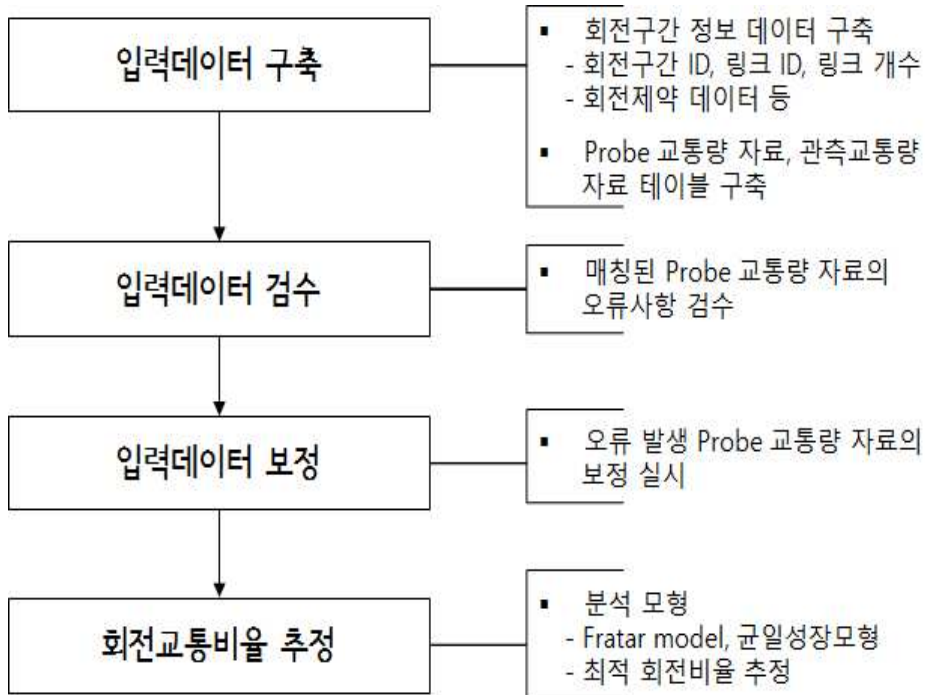


<그림 3-3> 관측교통량(TCS 교통량)과 Probe 교통량 상관관계

#### 4. 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론 개발

본 연구에서, 대용량 GPS 통행자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정하는 방법론은 아래 <그림 3-4>의 과정을 통해 개발되었다. 먼저, 분석대상 지점의 네트워크를 설정한 뒤 회전통행 발생지점의 접근방향별 진/출입 링크 및 각 방향별 진입링크 기준 진출링크로의 회전방향을 정의한다. 다음으로, 고속도로 본선 AADT 자료를 이용하여 각 분석지점의 진/출입 교통량 데이터를 구축하고, GPS 통행자료의 이동궤적 정보를 고속도로 GIS 맵에 매칭하여 진입링크 기준 각 진출링크로의 개별 probe 차량 회전비율을

산출하는 데이터 구축 과정을 거친다. 그 이후, 구축된 데이터에 대한 검수 및 보정과정을 거친 뒤 최종적으로 각 연결도로의 AADT를 추정하게 된다.

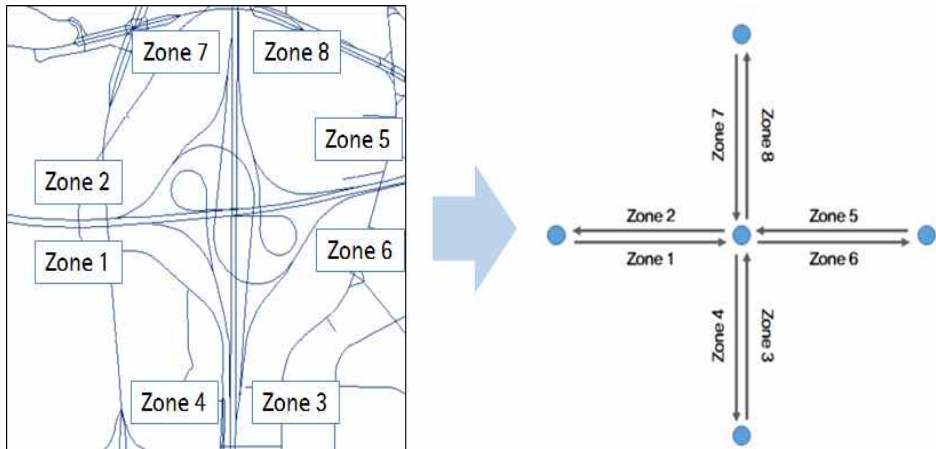


<그림 3-4> 방법론 개발 과정

### 1) 네트워크 설정

일반적으로 고속도로의 IC와 JC는 지점별로 정형화되어 있지 않고 복잡한 형태를 띄고 있기 때문에 이를 단순화하여 데이터 구축을 용이하게 할 필요성이 있다. 따라서 네트워크 설정 단계에서는 회전통행 발생지점의 형태를 단순화하고, 각 접근방향별 진/출입 링크와

진입링크로부터 진출링크로의 회전방향을 정의한다. 그리고 진입 링크를 출발지(Orientation), 진출 링크를 도착지(Destination)로 하는 네트워크 체계를 설정하도록 한다.



<그림 3-5> 분석지점 네트워크 설정

## 2) 분석지점 진/출입 링크 AADT 데이터 구축

고속도로 연결도로 AADT 추정을 위해서는 분석지점의 진/출입 링크별 AADT 데이터의 구축이 필요하다. 이를 위해서는 현재 한국 도로공사에서 수집하고 있는 VDS(Vehicle Detector System) 교통량과 TCS(Toll Collection System) 교통량 자료를 이용하였다.

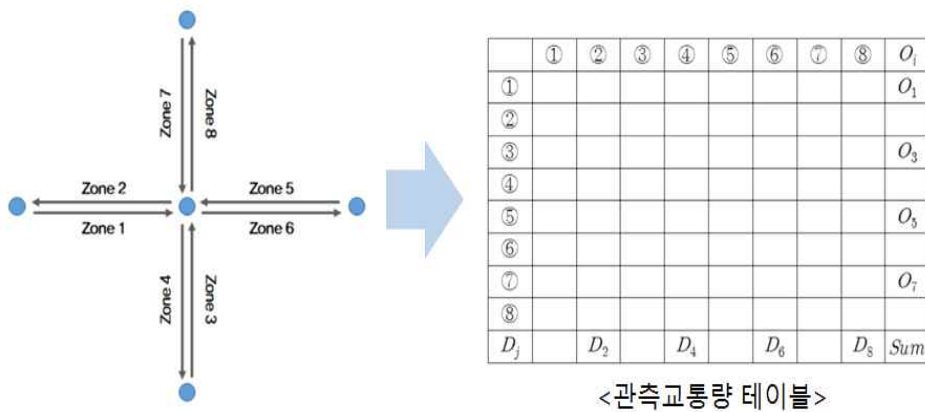
먼저, VDS 교통량은 차량검지기를 이용해 수집된 교통량 데이터로, 본선구간의 IC↔IC 또는 IC↔JC 구간 사이의 양방향 교통량 데이터를 수집할 수 있다.

다음으로, TCS 교통량은 톨게이트를 통하여 고속도로에 진입/진



출하는 차량의 교통량을 수집한 데이터로, IC↔TG 구간 사이의 양방향 교통량 데이터를 수집할 수 있다.

위의 과정을 통해 모든 접근방향의 교통량 데이터를 수집한 뒤 이를 해당 일수(365일)로 나누어 각 진/출입 링크별 AADT 데이터를 구축하도록 한다.

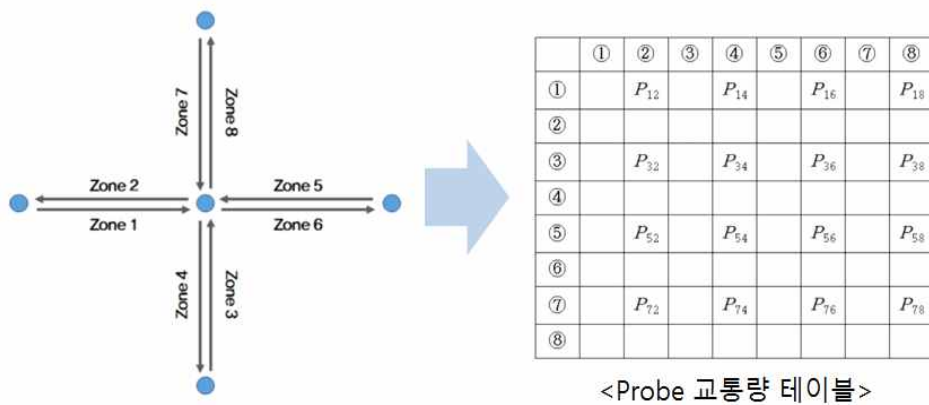


<그림 3-6> 진/출입 링크 AADT 구축

### 3) 진/출입 링크 회전방향별 Probe 교통비율 데이터 구축

고속도로 연결도로의 AADT를 추정하기 위해서는 2)에서 구축한 진/출입 링크 본선구간 AADT 데이터와 함께 분석지점의 각 진/출입 링크의 유출입 교통량과 회전방향별 probe 교통량 비율 데이터가 필요하다. 먼저, 회전방향별 probe 교통량 비율 데이터를 GPS 자료의 한 종류인 차량용 내비게이션 데이터를 이용하여 구축한다. 1절에서 설명했던 바와 같이, 차량용 내비게이션 데이터는 각 단위시간마다의

차량 위치 정보를 담고 있어, 이를 고속도로 GIS 맵에 매칭했을 때 차량이 어느 링크를 통해 이동을 하고 있는지 파악이 가능하다. 그리고 이러한 개별 probe 차량의 이동정보를 취합함으로써 분석지점의 각 진입링크로부터 진출링크로 이동하는 회전방향별 probe 교통량 비율 데이터를 구축할 수 있다.



<그림 3-7> 진/출입 링크 회전방향별 Probe 교통량 비율 데이터 구축

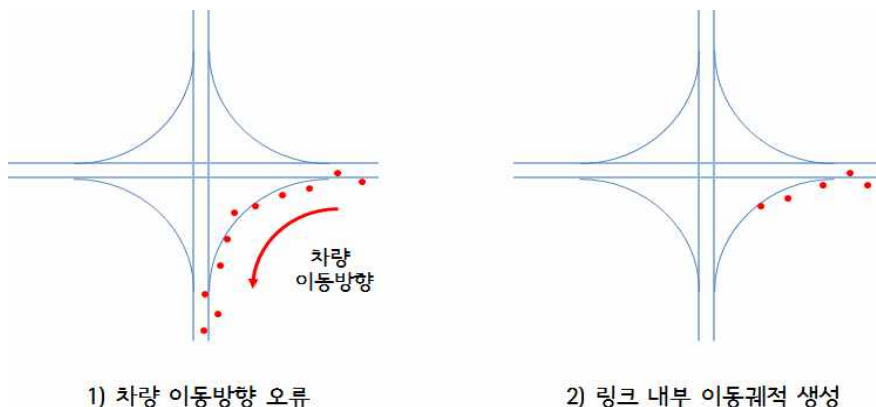
#### 4) 구축 데이터 검수 및 보정

3)의 과정을 거쳐 구축된 회전방향별 probe 교통량 비율 데이터는 검수 및 보정 과정을 거친다.

먼저, 검수 과정은 개별 probe 차량 GPS 자료를 고속도로 네트워크 GIS 맵에 매칭하는 과정에서 발생하는 오류사항을 확인하는 과정으로, 매칭 시 발생가능한 오류사항은 다음과 같다. 이는 진행방향상의 오류로, 개별차량 GPS 자료가 진입 또는 진출링크로 설정된 네트워크와 반대방향으로 교통량이 매칭되는 오류이다. 본 연구에서 이

용하는 고속도로 네트워크 맵은 일방통행을 가정하고 있어 반대방향 통행이 불가능하게 구축되어 있다. 따라서, 반대방향의 통행이 이루어지도록 매칭된 데이터는 오류라고 볼 수 있다. 때문에 이러한 오류사항을 보이는 GPS 데이터는 교통량 합계에 취합되지 않도록 조정한다.

다음으로, 해당 링크를 통과하는 차량의 이동궤적이 이전 링크로부터 진입하여 다음 링크로 진입하는 형태를 나타내지 않고 해당 링크의 중간에서부터 생성되는 경우이다. 본 연구에서 설정한 분석지점은 고속도로 링크이기 때문에 링크의 중간지점에서 차량 이동궤적이 생성되기는 어렵다고 보 수 있다. 그러나 본 연구의 방법론을 일반도로에 적용했을 경우에는 링크 중간지점에 존재하는 건물로부터 링크에 진입하는 차량이 있을 경우 링크의 중간지점부터 차량 이동궤적이 생성될 수 있다. 이와 같은 경우 이동하는 차량은 정확한 회전차량이라 볼 수 없기 때문에 이러한 오류사항을 보이는 GPS 데이터는 교통량 합계에 취합되지 않도록 조정한다.



<그림 3-8> 구축 데이터 오류사항 예시

## 5) 회전교통비율 추정 및 1차 OD balancing

1)~4)의 과정을 거쳐 구축된 입력데이터를 이용하여 고속도로 연결도로의 차량 회전비율을 추정한다. 연결도로의 차량 회전비율 추정은 ①1차 배정, ②1차 OD balancing의 두 과정을 거쳐 이루어진다.

먼저, 1차 배정 과정에서는 분석지점 각 진행방향별 진입 링크의 AADT 데이터를 해당 지점의 회전방향별 probe 교통량 비율을 이용하여 분배한 뒤 각 진행방향별 연결도로에 배정하여 연결도로의 AADT를 추정한다.

다음으로, OD balancing 과정을 거쳐 진출입 교통량을 일치시키는 과정을 거친다. 앞선 1차 배정 과정에서 회전방향별 probe 교통량 비율을 통해 각각 분배된 진입 링크 AADT는 다시 진출링크에서 합쳐져 진출 링크 AADT가 된다. 그러나 이와 같은 경우 회전교통량이 합산되어 산출된 진출 링크 AADT와 진/출입 링크 AADT 구축 과정에서 얻은 AADT 값에 차이가 생겨, 결과적으로 분석지점의 전체적인 진출입 교통량에 차이가 발생할 가능성이 있다. 때문에, 통행분포모형을 이용하여 진입교통량과 진출교통량을 보정하는 과정을 거친다.

$$E_i = \frac{p'_i}{p_i}, \quad F_j = \frac{A'_j}{A_j}$$

$$t'_{ij} = t_{ij} \times E_i \times F_j \times \frac{L_i + L_j}{2}$$

$$L_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} / \sum_{j=1}^n t_{ij} \times F_j$$

$$L_j = \sum_{i=1}^n t_{ij} / \sum_{i=1}^n t_{ij} \times E_i$$

여기서,  $p_i$ : 링크  $i$  Probe 유출량,  $p'_i$ : 링크  $i$  구축 교통량 유출량,

$A_j$ : 링크  $j$  Probe 유입량,  $A'_j$ : 링크  $j$  구축 교통량 유입량,

$E_i$ : 링크  $i$  유출량 성장률,  $F_j$ : 링크  $j$  유입량 성장률,

$L_i$ : 유입 보정치,  $L_j$ : 유출 보정치

위에서 제시한 통행분포모형은 프라타 모형(Fratar model)으로, 본 연구에서는 프라타 모형을 이용하여 OD balancing을 수행한다. 통행분포모형에는 중력모형, 프라타모형, 균일성장인자모형 및 평균성장인자모형 등의 적용이 가능하다. 그러나, 중력모형의 경우 출발지와 목적지 간 거리가 저항으로 고려되어 통행거리가 길어질 경우 통행량이 줄어드는 것을 가정하고 있다. 하지만 고속도로 연결도로의 경우, 연결도로의 거리가 증가하더라도 통행량의 변화는 발생하지 않는다. 때문에 중력모형을 이용한 OD balancing은 적절하지 않다고 볼 수 있다. 또한, 균일성장인자모형이나 평균성장인자모형의 경우 좌/우회전 금지지역 등 도로 유출입 제약조건을 만족시키기 어려운 문제가 있다. 반면에, 프라타 모형의 경우 거리를 저항요소로 사용하지 않고 회전제약 등 도로 제약사항을 반영하여 모형의 수행이 가능하기 때문에 본 연구에서는 프라타 모형을 이용한다.

프라타 모형에서는 링크 통행량이 링크  $i$  유출량 성장률( $E_i$ )과 링크  $j$  유입량 성장률( $F_j$ )에 비례하여 증가하는 원리를 이용하며,  $E_i$ 와  $F_j$ 가 1.0에 가까워질 때까지 모형을 반복하여 수행한다. 즉, 진출

입 교통량이 일치하도록 OD balancing을 수행한다.

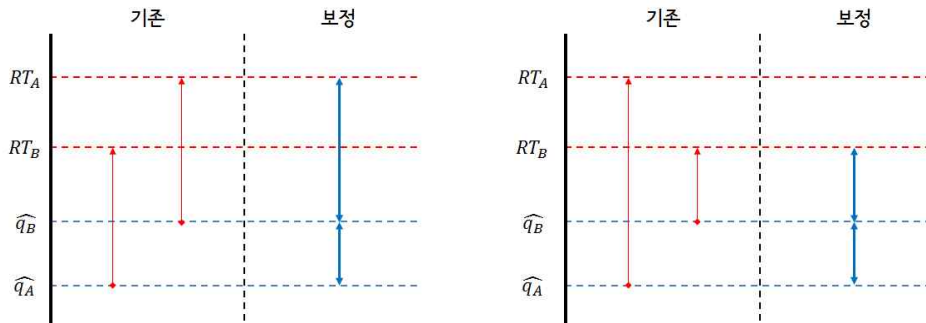
## 6) 입력자료 보정 및 OD balancing 재수행

본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료 중 하나인 자동차 내비게이션 자료(Probe 건수)를 이용하여 고속도로 연결도로의 AADT를 추정한다. 따라서 추정되는 교통량은 probe 교통량과 비례해야 하는 것이 기본적인 가정이다. 그러나, 프라타 모형을 이용하여 단순히 OD balancing을 수행했을 경우 이와 같은 가정을 만족하지 못하는 경우가 생기게 된다. 따라서 이러한 경우, 입력되는 자료의 보정이 필요하다. 기본 가정을 만족하지 못하는 경우의 종류는 <그림 11>에서 제시한다.

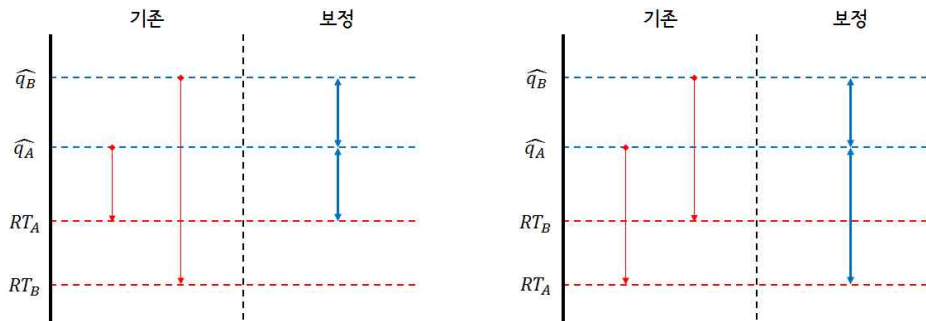
모든 분석지점을 대상으로 하여 A링크의 Probe 교통량( $P_A$ )이 B링크의 Probe 교통량( $P_B$ )에 비해 많은 경우에는  $P_A$ 와 대응하는 추정 대표교통량( $RT_A$ ) 역시  $P_B$ 와 대응하는 추정 대표교통량( $RT_B$ )보다 많아야 한다. 또한, 한 분석대상 네트워크 내의 A와 B라는 링크에 대해 A링크의 Probe 교통량( $P_A$ )이 B링크의 Probe 교통량( $P_B$ )에 비해 많은 경우 Probe 교통량을 기반으로 한 추정 교통량 또한  $\widehat{Q}_A > \widehat{Q}_B$ 의 조건을 만족해야 한다.

그러나 <그림 11>의 경우를 볼 때,  $RT_A \sim \widehat{Q}_A$ 의 범위와  $RT_B \sim \widehat{Q}_B$ 의 범위가 중복되는 경우가 생긴다. 이러한 경우에는 Probe 교통량이 많을수록 해당 링크의 교통량 또한 많다는 기본가정에 어긋나기 때문에 Probe 교통량으로부터 추정될 수 있는 교통량의 최대값 및 최소값의 범위를 조정하는 모듈을 수행한다.

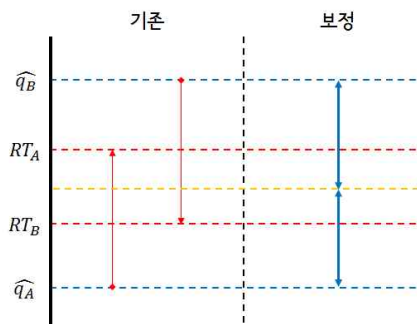
1) 추정 대표교통량이 추정교통량보다 모두 큰 경우



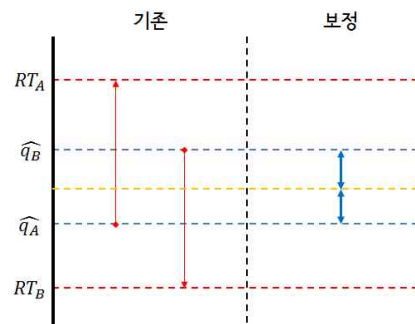
2) 추정 대표교통량이 추정교통량보다 모두 작은 경우

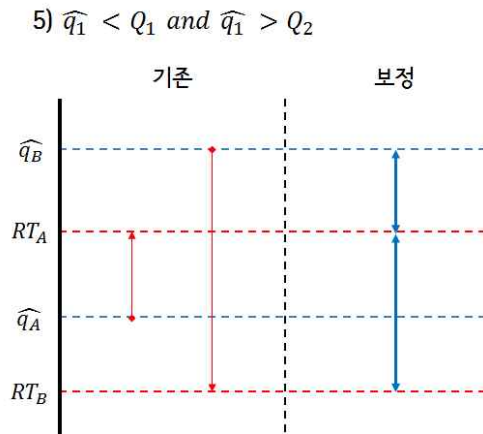


3) 추정 대표교통량이 추정교통량 사이에 존재



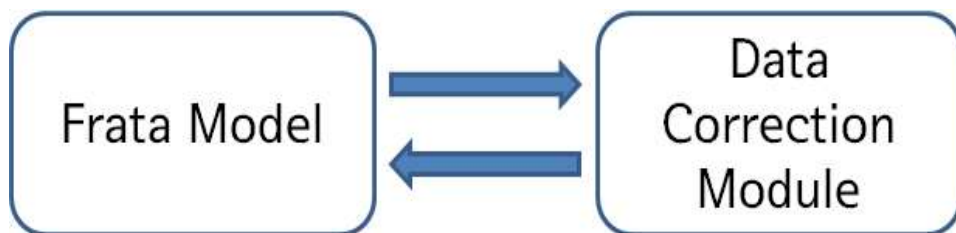
4) 추정 대표교통량이 두 추정교통량 밖에 존재





<그림 3-9> 교통량 추정 범위 중복시 입력자료 보정

<그림 3-9>에서 제시하는 기본가정 불충분 조건이 발생하는 경우 추정값의 최소값 및 최대값 범위를 조정하는 보정모듈을 수행한 후 다시 프라타 모델을 재수행하도록 한다. 이 과정을 거침으로써 Probe 교통량과 추정 교통량의 상관관계의 기본가정을 충족시키는 고속도로 연결도로 AADT의 추정이 가능해진다.



<그림 3-10> OD balancing 수행과정



OD balancing을 통하여 최종적으로 추정된 고속도로 연결도로 AADT는 최종적으로 하나의 경로를 이용하여 통행한다는 가정하에, 전량배정법(All-or-nothing기법)을 이용하여 연결도로에 배정한다. 고속도로 링크의 경우 차량은 한 방향으로만 이동이 가능하고, 한 링크 내에서 다른 링크로의 분기 후 다시 합류하는 경우가 발생하지 않기 때문에 추정된 교통량을 해당 링크에 전량배정하도록 한다.



## IV. 분석자료의 구축

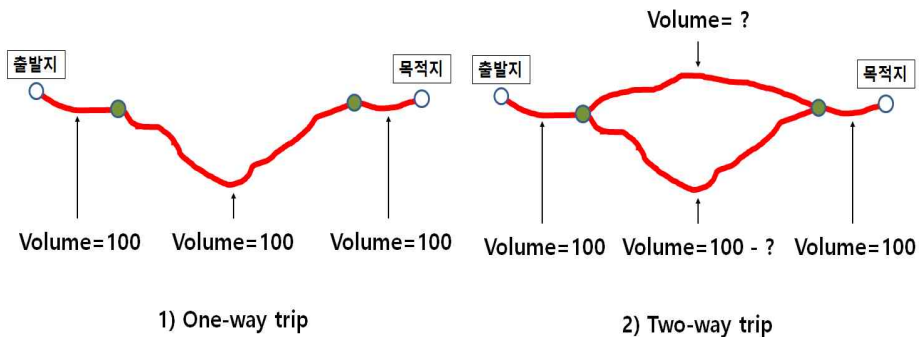
### 1. 분석구간 및 분석기간 설정

본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료를 이용하여 고속도로 연결도로 구간의 AADT를 추정하기 위한 방법론을 개발하였다. 따라서 개발 방법론의 적용과 평가를 위한 공간적 범위는 고속도로 IC 및 JC로 설정하였다.

하지만, 방법론을 통해 추정된 연결도로 구간 AADT의 정확성을 검증하기 위해 검증을 실시할 수 있는 대상이 필요하나 연결도로의 연평균 단위교통량을 집계한 통계자료가 현재는 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 전국에 개설되어 있는 고속도로 중, 검증 자료의 구축을 위해 교통량 검지기 자료를 이용하여 연결도로 교통량을 산정할 수 있는 지역을 선정하였다. 즉, 한국도로공사 TCS 영업소간 교통량 데이터를 검증 자료 구축을 위한 교통량 검지기 자료를 이용하였다. 그리고 이로부터 IC 및 JC에서의 각 방향별로 신뢰성이 있는 연결로 교통량을 산출하기 위해 고속도로 구간을 이용하여 목적지까지의 차량의 이동방향을 확실히 파악할 수 있는(One-way trip) 구간을 분석 대상구간으로 설정하였다. 여기서 One-way trip이란 차량이 출발지점에서 목적지까지 이동하는 가운데 단 하나의 경로를 이용하여 이동하는 것을 말한다.

검증 자료 구축을 위하여 이용하는 TCS 영업소간 교통량 데이터의 구조는 차량이 출발지점에서 고속도로에 진입하기 위하여 통과하는 톨게이트와 목적지점에서 고속도로로부터 진출하기 위한 톨게이

트 사이의 교통량을 집계한 형태로 이루어져 있다. 따라서 차량이 출발지에서 목적지로 이동하는 가운데 어떠한 경로를 이용는지 확실히 파악할 수 없다. 때문에 출발지에서 목적지로 이동하는 동안 한 개 이상의 경로를 이용하는 차량이 있을 경우 TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용하여 산출한 연결도로 교통량의 정확성이 떨어질 우려가 있다. 그리고 이러한 경우에는 TCS 영업소간 교통량 데이터를 검증 자료 구축에 사용하기 어렵다고 볼 수 있다. 이런 문제를 해결하기 위하여 분석구간을 선정하는 데 있어 차량이 목적지까지 이동할 때 One-way trip만을 할 수 있는 구간을 선정하였다. One-way trip 구간에 대한 자세한 설명은 <그림 9>에 제시하도록 한다.



<그림 4-1> One-way 및 Two-way trip의 개념

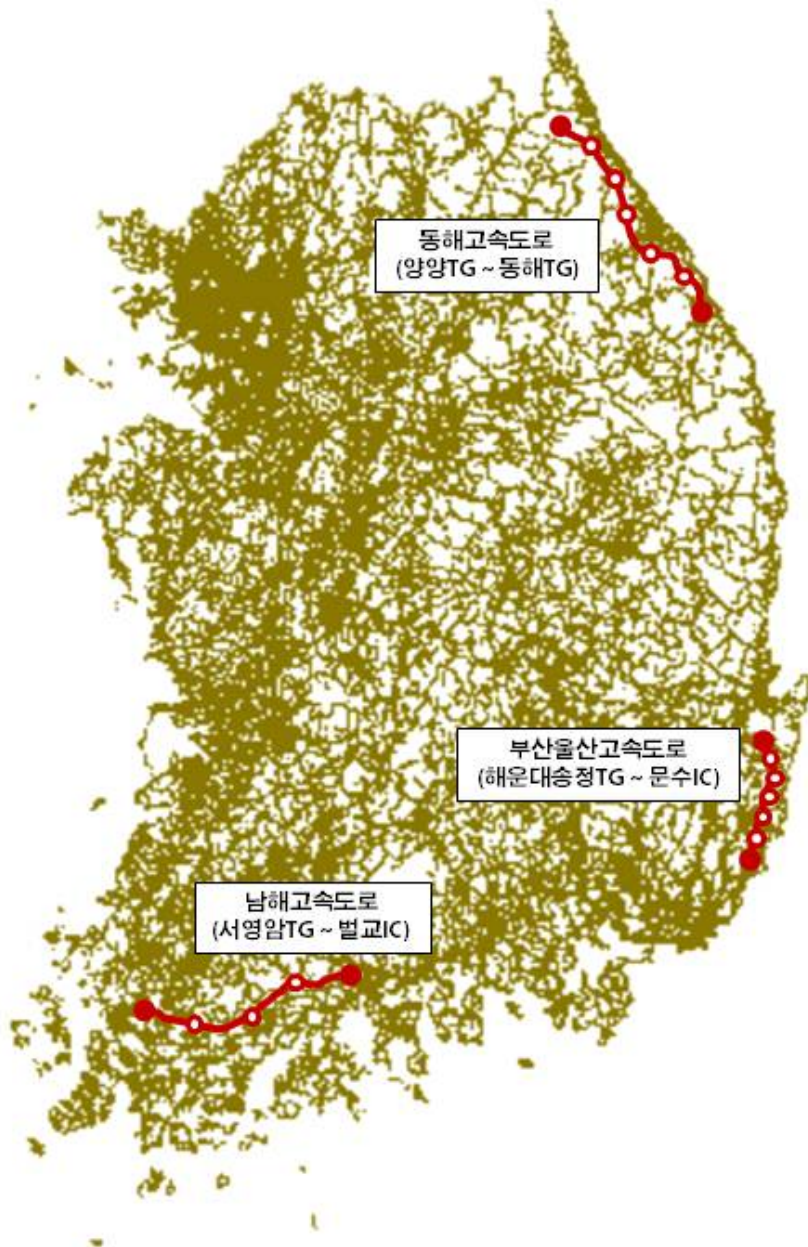
TCS 영업소간 교통량 데이터를 검증자료 구축을 위한 자료로 사용하기 위해서는 <그림 9>에서 제시된 One-way trip을 만족하는 분석구간의 설정이 필요하다. 이로부터 위의 조건에 부합하도록 선정된 구간은 동해고속도로 5개 지점(하조대 IC, 북강릉 IC, 강릉 JC, 강릉 IC, 옥계 IC), 남해고속도로 3개 지점(강진무위사 IC, 장흥 IC, 보성

IC), 부산울산고속도로 5개 지점(기장 IC, 장안 IC, 온양 IC, 청량 IC, 문수 IC)의 13개 지점으로, 총 78개의 연결로 지점을 분석대상으로 설정하였다.

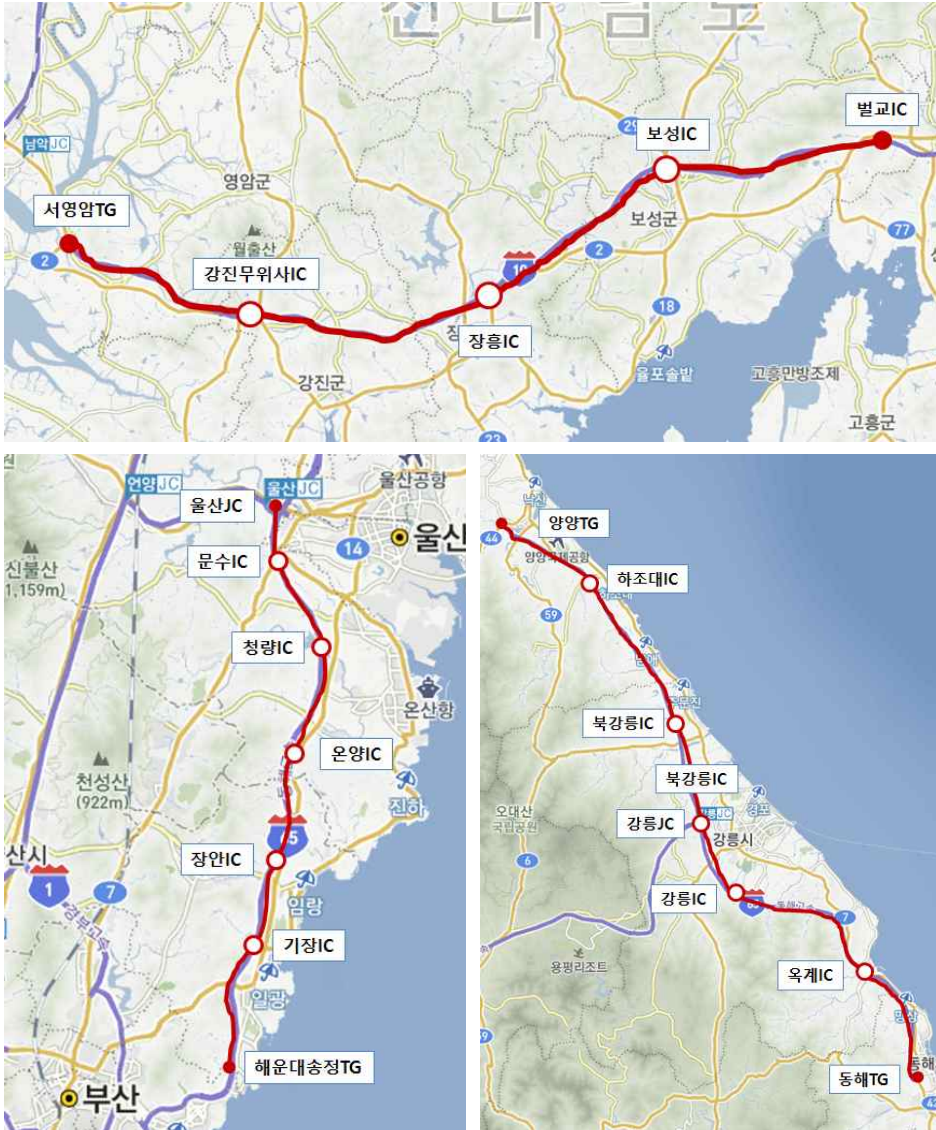
<표 4-1> 분석구간 설정

구분	분석구간	IC 및 JC 개수(개)	연결로 개수(개)	총 연장(km)
동해 고속도로	양양 TG ~ 동해 TG	5	30	89.42
부산울산 고속도로	해운대송정 TG ~ 울산 JC	5	30	74.52
남해 고속도로	서영암 TG ~ 벌교 IC	3	18	93.07

다음으로, 분석을 위한 시간적 범위는 2014년 1월 1일 ~ 2014년 12월 31일 사이의 주말 및 연휴기간을 제외한 평일로 설정하였다. 주중과 주말을 나눠서 봤을 때, 주중에는 업무통행의 비율이 높고 주말은 여가통행의 비율이 높아 도로를 이용하는 차량의 통행 패턴이 다르다(김상수 외 2인, 2011; 노성규, 2003). 따라서 주중과 주말 및 연휴기간을 나눠서 분석을 시행할 경우 주중과 주말의 IC구간 회전비율이 다르게 도출되어, 이로부터 주중과 주말의 고속도로 운영방안을 각각 다르게 적용하는 등의 가능성이 있다. 따라서 주중과 주말을 각각 다르게 분석해야 할 필요성이 있으나, 본 연구에서는 평일만을 대상으로 하여 분석을 수행하였다.



<그림 4-2> 분석구간 설정

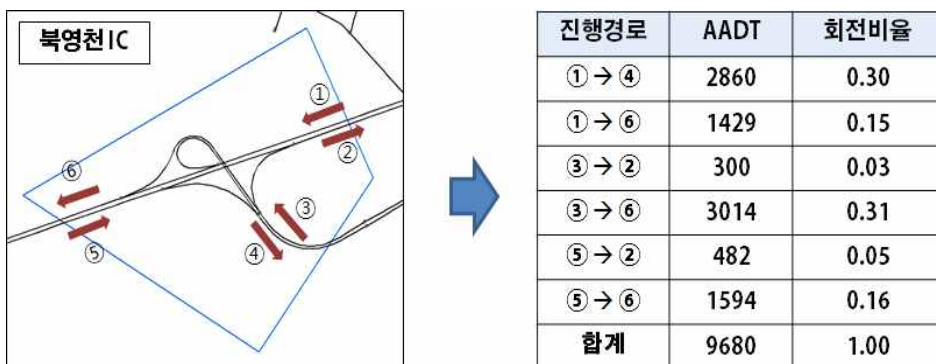


<그림 4-3> 분석구간 설정

## 2. Probe 회전비율 자료의 구축

본 연구의 방법론의 평가를 위해서는 TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용하여 산출한 분석지점 방향별 OD Matrix와 Probe 교통량을 이용하여 추정한 연결도로 차량 회전비율의 방향별 OD Matrix가 이용된다. 그리고 방법론에서 제시한 개별 Probe 차량 회전비율을 이용하여 추정한 고속도로 연결도로의 AADT 값과 실제 고속도로 연결도로를 통과한 관측 AADT 값이 필요하다.

먼저, 본 방법론의 분석대상 지점 Probe 차량 회전비율을 추정하기 위하여 2014년 1월 1일 ~ 2014년 12월 31일 동안의 주말 및 연휴 기간 제외 Probe 건수 자료를 이용하였다. 분석지점의 Probe 차량 회전비율을 추정하기 위해서 먼저 Probe data의 시간당 GPS 지점을 고속도로 네트워크 GIS 맵에 매칭하고, 고속도로 연결도로 구간에 매칭되는 Probe data로부터 연결도로의 AADP를 구축한다. 그리고 진입링크로부터의 probe 회전비율 data를 각각 구축한다. 마지막으로, OD Balancing을 거쳐 연결도로의 각 방향별 회전비율 자료를 구축한다.



<그림 4-4> Probe 회전비율 자료 구축



### 3. 검증 자료의 구축

다음으로, 본 연구에서 개발한 고속도로 연결도로 AADT 추정 방법론의 평가를 위해서는 실제로 고속도로 연결도로 지점을 통과한 관측교통량 자료가 필요하다. 하지만 현재 고속도로 연결도로 AADT 데이터를 집계한 통계자료는 존재하지 않기 때문에, 관측교통량 자료의 구축을 위해 한국도로공사의 2014년 1월 1일 ~ 2014년 12월 31일 동안의 주말 및 연휴기간을 제외한 평일 고속도로 영업소간 교통량 자료를 이용하였다.

$$AADT = \frac{\text{수집 교통량(대)}}{\text{수집일수}}$$

		서울 101	동수원 102	수원 103	지곡 104	기흥 105	오산 106	안성 107	한인 108	계동 109
서울	101	28.93	5067.08	18436.15	21.46	4427.81	7621.63	4763.86	5949.03	31.95
동수원	102	5193.84	8.34	262.81	1.01	251.09	237.62	253.46	249.65	1.01
수원	103	18789.51	175.11	14.46	5.01	1162.32	2504.25	1404.73	1608.66	10.44
지곡	104	26.46	0.56	5.47	0.29	0.00	4.05	2.02	4.14	0.31
기흥	105	4004.22	165.42	1297.15	0.00	74.99	1.55	0.37	0.06	0.01
오산	106	6858.17	149.08	2269.40	2.43	6.86	7.17	1336.84	1213.04	4.00
안성	107	4320.39	161.98	1335.35	1.88	1.35	1429.45	3.99	1065.74	2.96
한인	108	5839.02	164.25	1621.27	3.94	1.42	1492.90	1161.24	163.56	9.63
계동	109	28.50	0.71	10.33	0.47	0.00	7.48	2.92	11.29	26.29
북천	110	589.28	19.31	157.23	2.19	0.15	194.06	179.24	465.59	4.82
청주	111	1312.14	41.02	362.98	1.71	0.19	353.01	283.68	1398.12	9.35
남청주	112	170.57	5.64	78.78	3.63	0.10	85.52	60.21	203.61	88.72
신탄진	113	966.23	28.21	271.90	7.21	0.21	250.34	138.96	777.26	102.92
남대전	114	37.53	1.30	9.79	6.08	0.01	12.55	8.50	34.60	116.65
대전	115	888.17	28.06	218.81	9.52	0.15	176.51	144.18	767.22	169.27
옥천	116	193.07	3.92	36.42	0.94	0.03	40.27	22.76	72.70	43.09
광강	117	2.79	0.15	0.75	0.03	0.00	0.73	0.48	1.38	0.93
영동	118	28.79	1.10	7.89	0.02	0.02	9.10	4.47	11.51	5.11
관양	119	89.63	3.86	24.17	4.25	0.02	21.08	17.14	93.45	151.27
황간	120	21.49	0.88	5.81	0.02	0.02	4.87	2.77	7.41	2.64

<그림 4-5> 검증 자료 구축



## V. 개발 방법론 적용 및 평가

### 1. 평가지표 설정

영업소 간 교통량 자료를 이용하여 구축한 고속도로 연결도로 AADT 관측값과 본연구의 방법론을 이용하여 추정한 AADT 간의 정확성을 평가하기 위하여 관측값과 추정치의 오차를 분석하도록 하며, 평가지표로는 평균절대오차(MAE)와 평균절대비율오차(MAPE)를 이용하였다.

#### 1) 평균절대오차(MAE)

평균절대오차(MAE)는 예측 오차의 절대적 크기를 의미하는 값으로, 관측값과 추정값의 편차를 파악할 수 있다. MAE를 이용하는 경우, 영업소간 교통량 자료로부터 구한 관측 AADT와 방법론을 통해 추정한 AADT의 실제 오차의 파악이 가능하다.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - \hat{y}_i|$$

여기서,  $n$ : 전체 자료 개수,  $y_i$ : 관측 AADT,  $\hat{y}_i$ : 추정 AADT

## 2) 평균절대비율오차(MAPE)

평균절대비율오차(MAPE)는 실제 관측값과 추정값 오차의 상대적 크기를 파악할 수 있는 지표로, MAPE는 관측값과 추정값의 오차를 관측값으로 나누어서 백분율을 이용하여 계산하기 때문에 서로 다른 단위의 추정값을 이용할 때 예측 방법의 정확성의 평가가 가능하다. 이 중 백분율 평균오차(MPE)는 추정 오차가 서로 상쇄되는 문제가 있기 때문에 분석결과에 오류가 발생할 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 MAPE를 이용하여 추정 결과의 정확성을 평가하도록 한다.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - \hat{y}_i}{y_i} \right| \times 100$$

여기서,  $n$ : 전체 자료 개수,  $y_i$ : 관측 AADT,  $\hat{y}_i$ : 추정 AADT

## 2. 평가 결과

### 1) 분석지점별 검증 결과

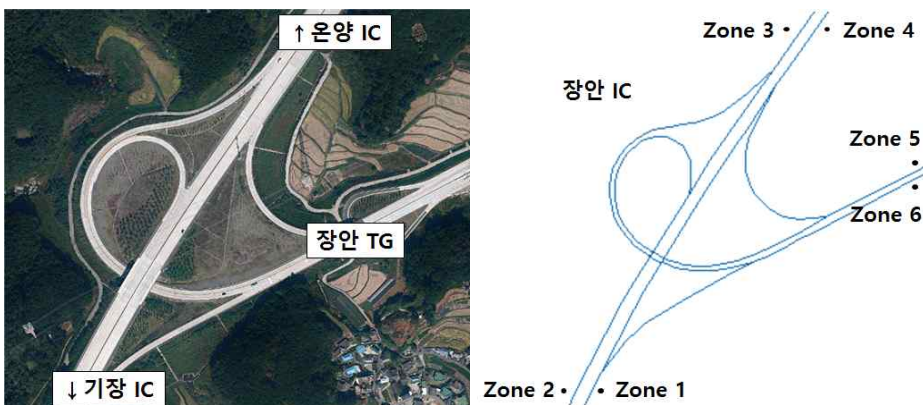
개별 Probe 차량의 고속도로 연결도로 구간 회전비율을 이용하여 총 13개 지점 78개의 고속도로 연결도로에 대하여 분석지점별 고속도로 연결도로 AADT를 추정하고 검증을 실시하였다. 그리고 검증을 실시한 3개의 고속도로 구간 중 각각 한 지점(부산울산고속도로 장안 IC, 동해고속도로 북강릉 IC, 남해고속도로 보성 IC)을 대표로

선정하여 검증 결과를 아래에 제시하였다.

#### (1) 장안IC (부산울산고속도로)

장안 IC 지점은 진출/입 경로가 각각 3개씩 존재한다. 따라서 네트워크를 설정함에 있어 총 6개의 존으로 네트워크를 설정하였다. 다음으로, TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용한 분석지점 차량 회전비율과 Probe 차량 기반 회전비율을 추정하여 그 OD Matrix를 구축하였다.

장안 IC 지점의 TCS 영업소간 교통량 데이터를 기반으로 산정한 차량 회전비율과 Probe 교통량을 기반으로 추정한 차량 회전비율은 대상 연결도로 별로 오차율 약 1.5% 이내를 나타냈다. 그리고 장안IC 지점의 관측교통량과 회전교통량 추정값의 오차를 검증한 결과, MAPE(%)는 2.7%, MAE는 130대로 오차율이 매우 낮은 것으로 나타났다으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 4.6%로 나타났다.



<그림 5-1> 회전교통량 추정 존 설정(장안IC)

<표 5-1> TCS기반 차량 회전비율 산정결과

(단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				29.55		9.62	39.17
Zone 2							-
Zone 3		30.75				10.30	41.05
Zone 4							-
Zone 5		9.64		10.14			19.77
Zone 6							-
합계	-	40.39	-	39.69	-	19.92	100.00

<표 5-2> Probe 기반 차량 회전비율 추정결과

(단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				30.09		9.72	39.80
Zone 2							-
Zone 3		31.29				9.98	41.27
Zone 4							-
Zone 5		9.16		9.77			18.93
Zone 6							-
합계	-	40.45	-	39.85	-	19.69	100.00

## (2) 북강릉IC (동해고속도로)

북강릉 IC 지점은 진출/입 경로가 각각 3개씩 존재한다. 따라서 네트워크를 설정함에 있어 총 6개의 존으로 네트워크를 설정하였다. 그리고 TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용한 분석지점 차량 회전비율과 Probe 차량 기반 회전비율을 추정하여 그 OD Matrix를 구축하였다.



<그림 5-2> 회전교통량 추정 존 설정(북강릉IC)

<표 5-3> TCS기반 차량 회전비율 산정결과 (단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				4.21		16.63	20.84
Zone 2							-
Zone 3		4.98				27.94	32.92
Zone 4							-
Zone 5		18.49		27.75			46.24
Zone 6							-
합계	-	23.47	-	31.96	-	44.57	100.00

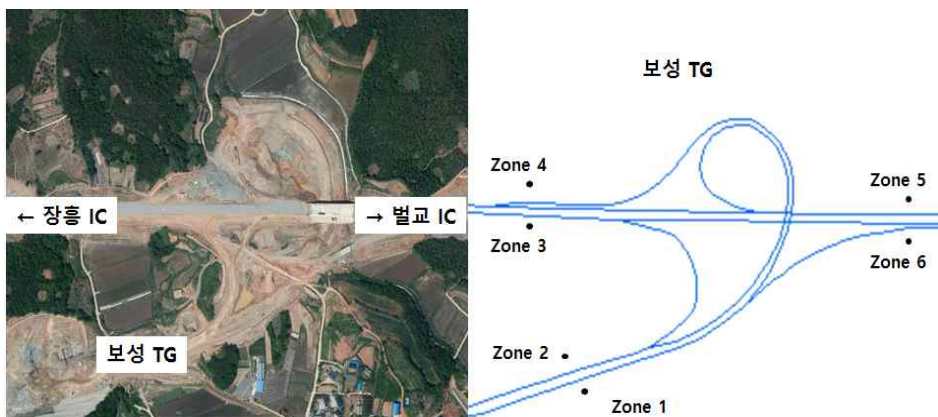
<표 5-4> Probe 기반 차량 회전비율 추정결과 (단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				2.98		15.85	18.83
Zone 2							-
Zone 3		3.43				30.01	33.45
Zone 4							-
Zone 5		16.80		30.92			47.72
Zone 6							-
합계	-	20.24	-	33.89	-	45.87	100.00

북강릉 IC 지점의 TCS 영업소간 교통량 데이터를 기반으로 산정한 차량 회전비율과 Probe 교통량을 기반으로 추정한 차량 회전비율은 대상 연결도로 별로 오차율 약 3% 이내를 나타냈다. 그리고 북강릉 IC 지점의 관측교통량과 회전교통량 추정값의 오차를 검증한 결과, MAPE(%)는 18.5%, MAE는 158대로 오차율이 다소 높은 것으로 나타났으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 3.6%로 나타났다. 북강릉 IC 지점의 오차율이 이처럼 높게 나타난 것은 지점을 통과하는 Probe 교통량의 절대적인 수치가 낮기 때문이며, 이력자료의 축적량이 높아질 경우 오차율을 감소할 것으로 여겨진다.

### (3) 보성IC (남해고속도로)

북강릉 IC 지점은 진출/입 경로가 각각 3개씩 존재한다. 따라서 네트워크를 설정함에 있어 총 6개의 존으로 네트워크를 설정하였다. 그리고 TCS 영업소간 교통량 데이터를 이용한 분석지점 차량 회전비율과 Probe 차량 기반 회전비율을 추정하여 그 OD Matrix를 구축하였다.



<그림 5-3> 회전교통량 추정 존 설정(보성IC)



<표 5-5> TCS기반 차량 회전비율 산정결과

(단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				2.89		17.84	20.72
Zone 2							-
Zone 3		3.24				27.59	30.83
Zone 4							-
Zone 5		18.23		30.21			48.45
Zone 6							-
합계	-	21.47	-	33.10	-	45.43	100.00

<표 5-6> Probe 기반 차량 회전비율 추정결과

(단위 : %)

O \ D	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	합계
Zone 1				2.73		16.82	19.55
Zone 2							-
Zone 3		2.89				29.13	32.01
Zone 4							-
Zone 5		17.03		31.40			48.44
Zone 6							-
합계	-	19.92	-	34.13	-	45.95	100.00

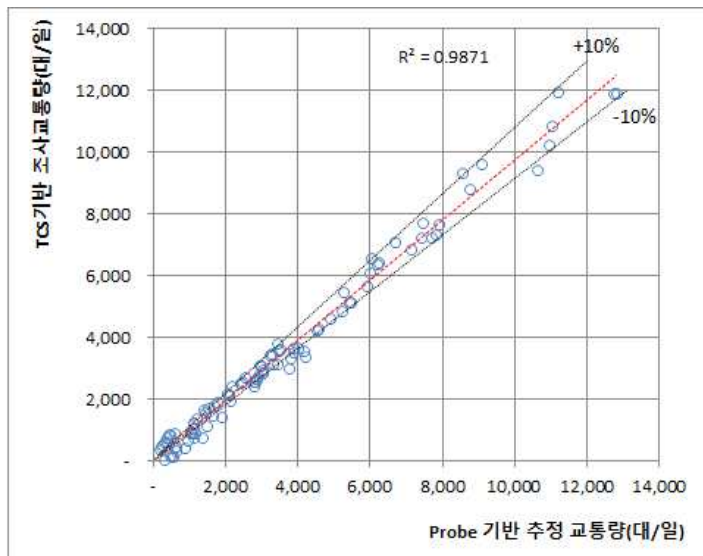
보성 IC 지점의 TCS 영업소간 교통량 데이터를 기반으로 산정한 차량 회전비율과 Probe 교통량을 기반으로 추정한 차량 회전비율은 대상 연결도로 별로 오차율 약 1.5% 이내를 나타냈다. 그리고 보성 IC 지점의 관측교통량과 회전교통량 추정값의 오차를 검증한 결과, MAPE(%)는 5.8%, MAE는 138대로 오차율이 매우 낮은 것으로 나타났다으며, 해당지점의 전체 교통량에 대한 오차는 2.0%로 나타났다.

## 2) 종합 결과

Probe 교통량을 기반으로 하여 추정한 회전교통량의 검증을 위

해, 3개 고속도로 노선의 13개 지점, 총 78개의 연결도로를 대상으로 하여 TCS 영업소간 교통량 데이터 기반의 관측 회전교통량과 Probe 기반 추정 회전교통량의 오차 비교를 수행하였다.

분석결과, 분석대상 지점의 총 교통량에 대한 오차율은 평균 1.9%로 매우 낮은 것으로 분석되었다. 그리고 MAPE 및 MAE는 각각 평균 8.7%와 177대로,  $\pm 10\%$  적중률은 약 85.9%로 분석되었다. 결과적으로 Probe 기반의 추정 회전교통량은 TCS 기반의 관측 회전교통량과 오차가 상당히 낮은 것으로 나타났으나, 일부 교통량의 절대수치가 적은 지점(일일 probe 교통량 10대 이내)에 대해서는 오차율이 다소 높게 산출되었다. 이는 Probe 교통량의 절대적 수치 자체가 적기 때문에 해당 도로의 교통상황을 적절히 설명치 못하기 때문으로 여겨지며, 축적되는 Probe 데이터의 양이 많아질 경우 오차율이 감소할 수 있을 것으로 판단된다.



<그림 5-4> Probe 기반 회전교통량과 TCS 기반 회전교통량 상관관계

<표 5-7> 분석지점별 회전교통량 오차율

분석지점			교통량(대/일)			회전교통량	
			Probe 기반	TCS 기반	오차 (%)	MAPE (%)	MAE (대)
1	동해 고속도로 (양양TG ~ 동해TG)	하조대 IC	9680	9252	4.6	19.4	158
2		북강릉 IC	12895	13376	3.6	15.8	220
3		강릉 JC	31210	31074	0.4	5.3	193
4		강릉 IC	25876	26751	3.3	6.6	193
5		옥계 IC	18318	17829	2.7	12.5	220
6	남해 고속도로 (서영암TG ~ 고흥IC)	강진무위사 IC	9141	9123	0.2	10.6	136
7		장흥 IC	9238	9034	2.3	16.5	119
8		보성 IC	14383	14106	2.0	5.8	138
9	부산울산 고속도로 (해운대송정 TG ~ 울산JC)	기장 IC	35250	34846	1.2	4.6	194
10		장안 IC	35287	35403	0.3	2.7	130
11		온양 IC	31431	30949	1.6	6.1	246
12		청량 IC	36307	36144	0.5	3.4	190
13		문수 IC	30795	30283	1.7	4.0	164
평균					1.9	8.7	177



## VI. 결론

### 1. 연구의 요약 및 활용 가능성

본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료 중의 하나인 차량용 내비게이션 probe 데이터를 이용하여 고속도로 연결도로의 AADT를 추정하는 방법론을 개발하였다. 고속도로 연결도로 구간은 서로 다른 두 교통류 흐름이 합류 또는 분류하는 상충구간이기 때문에 본선에 비해 사고발생의 위험이 매우 높다. 때문에 적절한 계획, 설계 등이 필요한 지역이 고속도로 연결도로 구간이라고 할 수 있으며, 따라서 고속도로 연결도로 구간의 교통량을 추정하여 이를 위한 기본자료로 사용해야 할 필요성이 있다.

본 연구에서 개발한 방법론을 적용하여 고속도로 연결도로의 AADT를 추정한 결과, 관측 AADT와 큰 오차 없이 추정이 이루어지는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 분석구간에 대해 분석구간 별로 오차율 및 오차량을 비교하였을 때 교통량의 규모가 큰 구간의 경우 오차량은 다른 구간에 비하여 크지만 오차율이 낮은 결과가 나왔다.

본 연구에서 개발한 방법론은 고속도로 연결도로의 AADT 값을 얻는 데 있어, 기존의 방식인 교통량 조사를 수행하지 않고 TCS로부터 수집되어 구축된 교통량 자료와 개별 Probe 차량의 회전비율을 이용하여 연결도로의 AADT를 추정하였다. 이에 본 연구는 별도의 인력식 조사 없이 연결도로의 AADT를 추정할 수 있는 가능성을 제시하였다.

본 연구에서는 대용량 GPS 통행자료 중 하나인 자동차 내비게이

선 Probe 데이터를 이용하여 고속도로 연결도로의 AADT를 추정하였다. 그리고 이로부터 도출한 추정 결과의 활용 가능성을 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서 추정한 연결도로 AADT를 통해 교통량 정보의 정확성을 높일 수 있다. 일례로 지방도에서 수시조사를 통해 AADT 조사를 하는 경우, 단 하루의 교통량 조사 결과를 변동계수를 이용하여 AADT를 추정하는 방식이기 때문에 정확한 교통량의 산출이 어렵다. 또한, 수시조사는 대부분 인력에 의한 것이기 때문에 산출된 교통량의 신뢰도가 낮다고 볼 수 있다. 그러나, Probe 교통량 데이터를 추정한 회전교통량으로부터 각 진/출입 본선 교통량을 산출하는 경우 이와 같은 수시조사를 통한 교통량 조사에 따른 오차를 감소할 수 있을 것으로 판단된다.

둘째, 교통관련 지표값 추정에 대한 정확성을 좀더 높일 수 있다. 일례로, 교통환경 지표 중 온실가스 배출량은 Tier 1, Tier 2, Tier 3의 방법을 이용하여 산정한다.<sup>5)</sup> 그 중 Tier 3의 방법론은 차량 주행거리(VKT)를 기본으로 하여 산정 방법론이 마련되어 있다.

$$Emissions = \sum (Distance_{a,b,c,d} \times EF_{a,b,c,d}) + \sum C_{a,b,c,d}$$

여기서,  $Emissions$  : 배출량(kg),  $EF_{a,b,c,d}$  : 배출계수(kg/km)

$C_{a,b,c,d}$  : 예열 중 배출량(cold start)(kg),

$a$  : 연료 종류(예, 휘발유, 경유, LPG 등),  $b$  : 차종,

$c$  : 배출제어기술(제어장치의 미장착, 촉매변환장치 등),

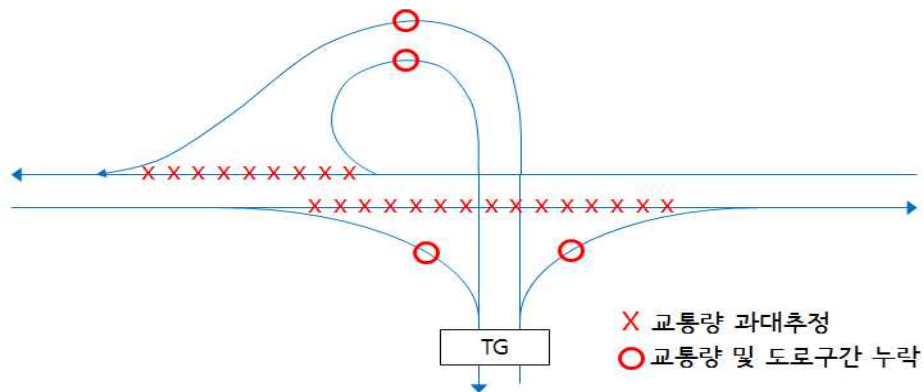
$d$  : 운전 조건(예, 도심 또는 교외의 도로종류, 기타 환경적 요인),

---

5) 2006 IPCC Guideline for National Greenhouse Gas Inventories, IPCC.

$Distance_{a,b,c,d}$  : 주어진 이동 배출원 활동도에 대해 열적으로 안정  
된 엔진 운전 단계 동안의 차량 주행거리  
(VKT)(km)

현재 국내 고속도로의 온실가스 배출량을 산정할 경우 도로 본선  
구간의 교통량을 이용하여 산정한 VKT를 적용한다. 하지만 이 경우  
에는 연결로 부분의 교통량과 도로 길이가 고려되지 않기 때문에, 전  
체 교통량과 도로 구간 길이가 과대추정되거나 누락되어 실제 온실  
가스 산정과 방법론을 이용하여 산정한 온실가스 산정량 사이에 상  
당한 오차가 발생할 수 있는 우려가 있다. 이러한 오차 발생을 피하  
기 위해 본 연구에서 추정한 연결도로 AADT를 이용하여 온실가스  
를 산정하는 경우 기존에 발생하는 오차를 감소시킬 수 있을 것이라  
고 판단된다.



<그림 6-1> 본선 기준 VKT 산정시 오류사항

이외에, 도로운영관리 측면에서 톨게이트를 통한 고속도로 진입  
시 차량 회전비율에 따른 진입로 배정을 통해 고속도로 본선 진입시

상충을 최소화하거나, 새로운 도로의 건설 시 새로운 도로에 대한 차량의 우회율 파악, 향후 기타 교통량 관련 분석 시행 시 기본자료로의 사용 등에 활용이 가능할 것으로 보인다.

## 2. 연구의 한계 및 향후과제

본 연구에서는 고속도로 연결도로 구간을 대상으로 하여 AADT를 추정하고 있다. 하지만 고속도로 연결도로 구간과 같은 교차지점은 고속도로 뿐만 아니라 도시부 도로의 교차로에도 존재한다. 따라서, 향후 연구에서는 교통량 조사가 이루어지고 있지 않은 도시부 도로의 교차지점 회전교통량의 추정에 관한 연구 또한 이루어져야 할 것으로 생각된다.

본 연구에서는 평일을 분석기간의 기준으로 하여 연구를 진행하였다. 하지만, 도로 이용객은 주중과 주말, 그리고 연휴기간에 따라 통행패턴이 다르기 때문에 도로는 그에 따라 각각 다르게 운영 및 관리되어야 한다. 따라서, 본 연구의 방법론을 적용한 결과로부터 도로운영관리를 수행하기 위해서는 평일, 주말 및 연휴기간에 대한 분석을 통해 각각의 차량 회전비율을 추정해야 할 것으로 여겨진다.

또한, 개발된 방법론의 정확성을 높이기 위해서는 더 많은 이력자료의 축적이 필요하다. 현재는 2014년의 1년 자료만을 이용하여 AADT를 추정하고 있으나, 향후 이력자료의 구축이 더 방대하게 이루어질 경우 더 정확성이 높은 AADT의 추정이 가능할 것으로 판단된다. 그리고 이력자료의 구축량이 늘어남에 따라, 추정대상을 AADT 뿐만 아니라 월별 교통량 추정으로까지 확대할 수 있을 것으로 여겨진다.





## ■ 참고문헌

- 국토교통부, 「국토교통 통계연보」, 2014
- 국토해양부, 「도로교통량 조사지침」, 2012
- 김남선·이승환·오영태(2000), “신경망을 이용한 고속도로 여행시간 추정 및 예측모형 개발”, 「대한교통학회지」, 18(1): 47-59.
- 김상수(2011), “개인특성에 따른 주중 및 주말 통행특성 비교 연구”, 연세대학교 대학원 석사학위논문
- 김재석·이승준·우용한(2002), “통행차량에 대한 GPS수신자료의 정확도에 관한 연구”, 「한국지리정보학회지」, 5(4): 75-85.
- 심상우·최기주(2006), “혼잡상황에서 링크미통과 GPS 프로브데이터를 활용한 링크통행시간 추정기법 개발”, 「대한교통학회지」, 24(5): 7-18.
- 이민수·최옥주·맹보연(2009), “교통정보 이력자료 분석을 위한 통합 교통 데이터베이스의 설계 및 구축”, 「데이터베이스 연구」, 25(3): 41-58.
- 정연식·최기주(1999), “GPS probe 및 루프 검지기 자료의 융합을 통한 통행시간추정 알고리즘 개발”, 「대한교통학회지」, 17(3): 97-116.
- 하정아·오세창·허태영(2014), “연평균 일교통량 산정을 위한 다양한 크리깅 방법의 성능 평가에 대한 연구”, 「대한교통학회지」, 32(4): 380-388.
- 한국도로공사 고속도로 공공데이터 포털, <http://data.ex.co.kr/>
- Ashenfelter, O.(2003), Statistics and Econometrics: Methods and Applications, New Jersey: John Wiley & Sons.
- Flaherty, J.(1993), “Cluster Analysis of Arizona Automatic Traffic Record Data”, Transportation Research Record 1410, 93-99
- Gastaldi, M., Rossi, R., Gecchele, G., and Della Lucia, L.(2013), “Annual average daily traffic estimation from seasonal traffic counts”,

- Procedia-Social and Behavioral Sciences,, 87: 279–291.
- Ilgaz R.D., Gates G., James L.(2002), ‘Floating vehicle data for network management: a pilot study’. *9th World Congress on Intelligent Transportation Systems, Chicago*
- IPCC(2006), 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories
- Jun J.W(2012), “Potential Crash Exposure Measures Based on GPS-Observed Driving Behavior Activity Metrics”, Ph. D. Dissertation, Georgia Institute of Technology
- Krumm, J., Horvitz, E., Predestination.(2003), "Inferring Destinations from Partial Trajectories", *In Proc. of UBICOMP'06, Springer-Verlag Press*, 243–260
- Li, J. and Friker, J.D.(2008), “Applying k-nearest neighbor algorithm for statewide annual average daily traffic estimates”, *Transportation Research Board 87th Annual Meeting, Washington,DC, USA*.
- Ortuzar, J., L.G. Willumsen.(1994). *Modelling Transport*, Wiley.
- Sharma, S.C., Lingras, P., Xu, F., and Kilburn, P.(2001), “Application of neural networks to estimate AADT on low-volume roads”, *Journal of Transportation Engineering*, 127(5): 426–432.
- Selby, B. and Kockelman K.M.(2013), “Spatial prediction of traffic levels in unmeasured locations: applications of universal kriging and geographically weighted regression”, *Journal of Transport Geography*, 29: 24–23
- Shamo, B., Aza, E., and Membah, J.(2014). “Linear spatial interpolation and analysis of annual average daily traffic data”, *Journal of Computing in Civil Engineering*.
- Zhong, M., Lingras, P., and Sharma, S. (2004), “Estimation of missing

traffic counts using factor, genetic, neural, and regression techniques“, *Transportation*

INRIX, <http://inrix.com/inrix-traffic-app/>



## Abstract

AADT estimation of connection road  
section in highway using large-scale  
GPS trip data

Advised by  
Prof. Lee, Young Ihn

February, 2016

submitted by  
Yoon, Hee Sung

Department of Environmental Planning Graduate  
School of Environmental Studies  
Seoul National University

# Abstract

Most part of human & freight in South Korea is transported through road. Since there are many transport via road, so there is a need to avoid interfere with the appropriate transport policy and road traffic management. Therefore, it is necessary to build a traffic volume data which is the basis for appropriate transport policy and road traffic management. Traffic volume is applied such as road planning , design and road operations. Also, road planning, design and the extention of the road is made on the basis of Annual Average Daily Traffic(AADT). In highway, the investigation on the main line section is being made to build traffic volume data. Meanwhile, connection road section of highway has a higher risk of accident because traffic flow joins and classifies. So proper planning, design and operational management based on traffic volume data is required. However, traffic volume investigation of the highway connection road sections is not performed.

In this study, a methodology to estimate the AADT of highway connection road sections is developed using car navigation data and TCS data of EX(Korea Expressway Corporation). Because Car navigation data shows similar properties of actual time of day traffic volume distribution of the road, it can be used to estimate AADT.

From the results of estimating AADT of some highway

connection road sections by applying the methodology developed in this study, it was confirmed that the estimation made without great error compared to observed AADT. In addition, the error rate was lower if traffic volume is large in road section.

In this study, it presents the possibility to estimate the AADT of the high connection road section without any extra personnel investigation in the future.

◆ Key words : Highway, Connection road section, AADT,  
large-scale GPS trip data, OD balancing

◆ Student Number : 2014-24020